

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**  
**DEPARTAMENTO DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y LAS**  
**COMUNICACIONES**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**Ingeniería Superior de Telecomunicaciones**

*Alternativas tecnológicas para cumplir la Agenda  
Digital Europea: Análisis económico e Impacto  
regulatorio*

**AUTOR:** Cristina López Jiménez  
**TUTOR:** Antonio Castillo Holgado

**Mayo 2012**

## AGRADECIMIENTOS

A toda esa gente que está día a día a mi lado, compartiendo buenos y malos momentos y apoyándome en este y otros “proyectos” de mi vida. A mis amigos. Y en especial a mi familia, a mis padres que con su amor, trabajo y comprensión me sirven de modelo día a día. Y a ti Dani, por formar parte de mi vida.

Muchas gracias a todos por estar ahí, conmigo siempre, me siento muy afortunada.

## ÍNDICE GENERAL

0. OBJETIVOS.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ¿PORQUÉ UNA AGENDA DIGITAL PARA EUROPA? .....	14
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA BANDA ANCHA EN EUROPA .....	14
2.1.1 BANDA ANCHA FIJA.....	14
2.1.2 BANDA ANCHA MÓVIL .....	23
2.2 PROBLEMAS Y LIMITACIONES A LOS QUE EUROPA SE ENFRENTA .....	25
2.3 CONTEXTO ECONÓMICO ACTUAL Y BENEFICIOS DE UN MERCADO ÚNICO DIGITAL DE BANDA ANCHA .....	33
3. LA AGENDA DIGITAL EUROPEA .....	40
3.1 OBJETIVOS Y PLAZOS DE APLICACIÓN.....	42
3.2 ACCIONES .....	44
3.3 PILAR CENTRAL DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA: INTERNET ULTRARRÁPIDO .....	52
4. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BANDA ANCHA Y ULTRA ANCHA .....	55
4.1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA FIJA .....	55
4.1.1 BUCLE DIGITAL DE ABONADO (xDSL – x-type Digital Subscriber Loop).....	55
4.1.1.1 ADSL2 Y ADSL2+.....	58
4.1.1.2 VDSL (Very high bit rate DSL) Y VDSL2.....	61
4.1.2 REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC) .....	65
4.1.2.1 ORIGENES DE LAS REDES HFC.....	65
4.1.2.2 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC.....	66
4.1.2.3 ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO EN REDES HFC.....	67
4.1.2.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN Y CAUDALES BRUTOS EN REDES HFC .....	69
4.1.2.5 DOCSIS 3.0 .....	70
4.1.3 FIBRA ÓPTICA (FTTx) .....	72

4.1.3.1	CARACTERÍSTICAS DE GPON .....	73
4.1.3.2	FUNCIONAMIENTO DE GPON .....	73
4.1.3.3	NUEVA GENERACIÓN DE REDES PON .....	76
4.2	TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA .....	78
4.2.1	HSPA+ (High-Speed Packet Access Plus) Y DC-HSPA (Dual-Cell HSPA) .....	78
4.2.1.1	ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS REDES 3G.....	78
4.2.1.2	HSPA+ o E-HSPA (Evolved HSPA) .....	83
4.2.1.3	DC-HSPA (Dual Cell/Dual Carrier HSPA).....	85
4.2.2	LTE (Long Term Evolution) Y LTE Advanced .....	88
4.2.2.1	LTE.....	88
4.2.2.2	LTE Advanced.....	92
4.2.2.3	LTE RESPECTO A WIMAX MÓVIL.....	92
4.2.3	BANDA ULTRA ANCHA (UWB) .....	94
4.3	ADECUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ANALIZADAS A LA CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA.....	101
5.	IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL DESPLIEGUE DE LAS REDES DE BANDA ANCHA Y ULTRA ANCHA.....	104
5.1	TECNOLOGÍAS DE RED FIJA .....	104
5.1.1	TEORÍA DE COSTES Y MODELOS PARA SU DETERMINACIÓN.....	104
5.1.1.1	METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTES .....	104
5.1.1.2	FUENTES DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTES .....	105
5.1.1.3	MODELOS BOTTOM-UP Y TOP-DOWN.....	105
5.1.2	ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH PUNTO A PUNTO .....	106
5.1.3	MODELO .....	109
5.1.3.1	EUROLANDIA.....	110
5.1.3.2	ESTRUCTURA DE RED .....	111
5.1.3.3	DEMANDA .....	112
5.1.3.4	CAPEX Y OPEX.....	113

---

5.1.4 RESULTADOS: OPERADOR INCUMBENTE.....	115
5.1.4.1 CLUSTER 1 .....	115
5.1.4.2 CLUSTER 2 .....	117
5.1.4.3 CLUSTER 3 .....	118
5.1.4.4 CLUSTER 4 .....	120
5.1.4.5 CLUSTER 5 .....	122
5.1.4.6 CLUSTER 6 .....	123
5.1.4.7 CLUSTER 7 .....	125
5.1.4.8 CLUSTER 8 .....	127
5.1.5 RESULTADOS: COMPETIDOR.....	128
5.1.5.1 CLUSTER 1 .....	128
5.1.5.2 CLUSTER 2 .....	129
5.1.5.3 CLUSTER 3 .....	131
5.1.5.4 CLUSTER 4 .....	132
5.1.5.5 CLUSTER 5 .....	133
5.1.5.6 CLUSTER 6 .....	134
5.1.5.7 CLUSTER 7 .....	136
5.1.5.8 CLUSTER 8 .....	137
5.2 TECNOLOGÍAS DE RED INALÁMBRICA.....	138
5.2.1 MIGRACIÓN DE RED: UMTS/HSPA A LTE .....	138
5.2.2 ESPECTRO EN LTE .....	142
5.2.3 ESTADO DEL DESPLIEGUE DE LTE EN EUROPA.....	144
5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO .....	146
6. IMPACTO REGULATORIO.....	150
6.1 CAMBIOS REGULATORIOS SUGERIDOS EN EL ÁMBITO DE LAS TECNOLOGÍAS DE RED FIJA .....	150
6.1.1 RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN DE 20 DE SEPTIEMBRE DE 2010 RELATIVA AL ACCESO REGULADO A LAS REDES DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN (NGA).....	151

---

---

6.2	CAMBIOS REGULATORIOS SUGERIDOS EN EL ÁMBITO DE LAS TECNOLOGÍAS DE RED INALÁMBRICA .....	156
6.2.1	PROGRAMA EUROPEO DE POLÍTICA DEL ESPECTRO.....	157
6.2.2	REFARMING EN BANDAS 900 MHz Y 1.800 MHz Y DIVIDENDO DIGITAL .....	161
6.2.3	PRINCIPIO DE NEUTRALIDAD TECNOLÓGICA.....	162
6.2.4	ARMONIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA SU USO POR DISPOSITIVOS DE CORTO ALCANCE .....	163
7.	CONCLUSIONES.....	165
8.	PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA .....	169
8.1	PRESUPUESTO.....	169
8.2	CRONOGRAMA.....	172
9.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....	175
	ANEXOS .....	179
	ANEXO I: ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES.....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, ENERO 2004-JULIO 2011	14
<b>FIGURA 2</b> AUMENTO DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR DÍA A NIVEL EUROPEO, ENE 2004-JUL 2011	15
<b>FIGURA 3</b> PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA POR PAÍS, JULIO 2011	15
<b>FIGURA 4</b> DIFERENCIA EN PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, JUL 2010 - JUL 2011	16
<b>FIGURA 5</b> PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA EN LA OCDE (JUN 2011) Y PIB PER CAPITA (2010)	17
<b>FIGURA 6</b> CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, JUL 2011	18
<b>FIGURA 7</b> EVOLUCIÓN DE LAS CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, ENE 2006 - JUL 2011	18
<b>FIGURA 8</b> CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE POR PAÍS, JUL 2011	19
<b>FIGURA 9</b> CUOTA DE MERCADO DE LA TECNOLOGÍA FTTH EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2008 – JUL 2011	19
<b>FIGURA 10</b> LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR VELOCIDAD EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2008 – JUL 2011	20
<b>FIGURA 11</b> LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA DE MUY ALTA VELOCIDAD POR PAÍS, JUL 2011	22
<b>FIGURA 12</b> ACCESOS DE BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍA EN LA OCDE, JUN 2011	22
<b>FIGURA 13</b> PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA MÓVIL EN LA UE POR PAÍS, EVOLUCIÓN JUL 2010 – JUL 2011	23
<b>FIGURA 14</b> BANDA ANCHA MÓVIL A TRAVÉS DE TARJETAS DE DATOS PARA INTERNET MÓVIL (“DATA CARDS”) O MÓDEMS USB EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2009 – JUL 2011	24
<b>FIGURA 15</b> BANDA ANCHA MÓVIL A TRAVÉS DE TARJETAS DE DATOS PARA INTERNET MÓVIL (“DATA CARDS”) O MÓDEMS USB EN LA UE POR PAÍS, JUL 2011	24
<b>FIGURA 16</b> DESCARGAS UNITARIAS DE MÚSICA POR TRIMESTRE (EN MILLONES)	26
<b>FIGURA 17</b> TRANSACCIONES DE COMERCIO ELECTRÓNICO TRANSFRONTERIZO EN EL SENO DE LA UE	26
<b>FIGURA 18</b> GASTO TOTAL EN I+D SOBRE TIC EN MILES DE MILLONES DE EUROS (2007)	28
<b>FIGURA 19</b> CONEXIONES DE BANDA ANCHA FIJA FTTP EN EL MUNDO, PREVISIÓN DE FUTURO	31
<b>FIGURA 20</b> COBERTURA DSL Y 3G EN LA UE, EVOLUCIÓN 2005 - 2010	31
<b>FIGURA 21</b> COBERTURA DSL A NIVEL NACIONAL Y EN ENTORNOS RURALES EN LA UE, DEC. 2010	32
<b>FIGURA 22</b> APORTACIÓN DE LAS TIC AL PIB DE LA UNIÓN EUROPEA EN %, ÚLTIMOS DATOS DEL EUROSTAT DE 2007	33
<b>FIGURA 23</b> PORCENTAJE DE EMPLEADOS DEL SECTOR TIC SOBRE EL TOTAL DE LA POBLACIÓN ACTIVA, UE 2008	34
<b>FIGURA 24</b> VALOR AÑADIDO Y CREACIÓN DE EMPLEO DENTRO DEL SECTOR TIC – EN LA UE POR PAÍS (2011)	35
<b>FIGURA 25</b> GASTO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y EN COMUNICACIONES–EN LA UE POR PAÍS (2011)	35
<b>FIGURA 26</b> FRECUENCIA DE USO DE INTERNET POR LA POBLACIÓN EUROPEA (2006-2009)	36
<b>FIGURA 27</b> CICLO VIRTUOSO DE ACTIVIDAD DEL SECTOR DE LAS TIC	41
<b>FIGURA 28</b> CONSIDERACIÓN DE LAS TIC COMO ÁREA ESTRATÉGICA EN LA POLÍTICA EUROPEA	53
<b>FIGURA 29</b> PRINCIPALES PRIORIDADES DE LAS POLÍTICAS EN MATERIA DE LAS TIC	53
<b>FIGURA 30</b> G.992.1 – MODELO DE REFERENCIA DEL SISTEMA ADSL	55
<b>FIGURA 31</b> TECNOLOGÍAS XDSL	56
<b>FIGURA 32</b> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN ADSL	57
<b>FIGURA 33</b> ESTRUCTURA DE UN DSLAM	57
<b>FIGURA 34</b> EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE XDSL	58
<b>FIGURA 35</b> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN ADSL2+	60
<b>FIGURA 36</b> DISMINUCIÓN DE INTERFERENCIAS POR DIAFONÍA EN ADSL2+	61
<b>FIGURA 37</b> VELOCIDADES DE LAS TECNOLOGÍAS ADSL EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA	61
<b>FIGURA 38</b> PLANES DE FRECUENCIA EN EUROPA PARA VDSL Y VDSL2	62
<b>FIGURA 39</b> TOPOLOGÍA DE RED FTTC	63

<b>FIGURA 40</b> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN VDSL2	64
<b>FIGURA 41</b> ARQUITECTURA DE RED PARA VDSL2	64
<b>FIGURA 42</b> ARQUITECTURA DE UNA RED HFC	66
<b>FIGURA 43</b> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN REDES HFC EN EUROPA	67
<b>FIGURA 44</b> ESCENARIOS DE FIBRA HASTA EL HOGAR Y HASTA EL EDIFICIO	72
<b>FIGURA 45</b> DIAGRAMA GENÉRICO DE UNA RED GPON	74
<b>FIGURA 46</b> DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO EN REDES GPON	75
<b>FIGURA 47</b> ARQUITECTURA DE RED EN WDM-PON	77
<b>FIGURA 48</b> ARQUITECTURA DE RED EN SISTEMAS UMTS	79
<b>FIGURA 49</b> MODOS DE FUNCIONAMIENTO EN UMTS	80
<b>FIGURA 50</b> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN REDES UMTS (EUROPA)	81
<b>FIGURA 51</b> DESPLIEGUE TIPO DE UNA RED UMTS	82
<b>FIGURA 52</b> PANORÁMICA DE SISTEMAS MÓVILES CELULARES 3G/4G	82
<b>FIGURA 53</b> FUNCIONAMIENTO DE DC-HSDPA	86
<b>FIGURA 54</b> ARQUITECTURA SIMPLIFICADA DE UNA RED LTE	90
<b>FIGURA 55</b> BANDA ULTRA ANCHA (UWB, ULTRA-WIDE BAND)	94
<b>FIGURA 56</b> COMPARATIVA DE POTENCIAS EMITIDAS POR DISTINTAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	95
<b>FIGURA 57</b> DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO EN SISTEMAS MB-OFDM	97
<b>FIGURA 58</b> MONO-PULSO GAUSSIANO	98
<b>FIGURA 59</b> EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA PPM-UWB	98
<b>FIGURA 60</b> ARQUITECTURA GENÉRICA DE UNA RED DE NUEVA GENERACIÓN	107
<b>FIGURA 61</b> ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH PUNTO A PUNTO CON BUCLE DE ACCESO DE FIBRA DESAGREGADO	109
<b>FIGURA 62</b> ESTADO DE LA ADJUDICACIÓN DE LICENCIAS DE LTE EN LA UE	144
<b>FIGURA 63</b> INVERSIÓN TOTAL POR USUARIO (EN EUROS) POR CLUSTER (FTTH)	146
<b>FIGURA 64</b> CUOTA CRÍTICA DE MERCADO	147
<b>FIGURA 65</b> BANDAS HABILITADAS PARA SISTEMAS UWB EN LA UNIÓN EUROPEA	164



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR VELOCIDAD Y PAÍS, JULIO 2011	21
<b>TABLA 2</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DEL MERCADO ÚNICO DIGITAL	46
<b>TABLA 3</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA INTEROPERABILIDAD Y LAS NORMAS COMUNES	46
<b>TABLA 4</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE MAYOR INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LAS TIC	47
<b>TABLA 5</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE MAYOR CONFIANZA Y SEGURIDAD EN LAS REDES	48
<b>TABLA 6</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA ALFABETIZACIÓN, LA CAPACITACIÓN Y LA INCLUSIÓN DIGITALES	49
<b>TABLA 7</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA AFRONTAR LOS RETOS SOCIALES PRESENTES Y FUTUROS	50
<b>TABLA 8</b> ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA INVERSIÓN EN REDES DE ACCESO RÁPIDO Y ULTRARRÁPIDO A INTERNET	52
<b>TABLA 9</b> EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE ADSL	58
<b>TABLA 10</b> SERVICIOS Y DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN EL ENLACE DESCENDENTE	68
<b>TABLA 11</b> SERVICIOS Y DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN EL ENLACE ASCENDENTE	69
<b>TABLA 12</b> TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN REDES HFC	69
<b>TABLA 13</b> CAUDALES EN MBPS EN EL ENLACE ASCENDENTE SEGÚN LA MODULACIÓN EMPLEADA	70
<b>TABLA 14</b> CAUDALES EN MBPS EN EL ENLACE DESCENDENTE SEGÚN LA MODULACIÓN EMPLEADA	70
<b>TABLA 15</b> DESPLIEGUE TIPO DE UNA RED UMTS	82
<b>TABLA 16</b> CATEGORÍAS DE TERMINALES	88
<b>TABLA 17</b> CUADRO COMPARATIVO LTE VERSUS WIMAX	93
<b>TABLA 18</b> CODIFICACIÓN Y MODULACIÓN EN MB-OFDM	97
<b>TABLA 19</b> CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA	101
<b>TABLA 20</b> CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA MÓVIL	102
<b>TABLA 21</b> PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE EUROLANDIA	111
<b>TABLA 22</b> % DE DESPLIEGUE DE LÍNEAS AÉREAS POR CLUSTER	111
<b>TABLA 23</b> FUNCIONES DE COSTE PARA LA RED TRONCAL Y DE CONCENTRACIÓN	112
<b>TABLA 24</b> CESTA DE SERVICIOS O CUSTOMER MIX	112
<b>TABLA 25</b> TIEMPO DE VIDA DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL DESPLIEGUE	113
<b>TABLA 26</b> VALORES ASUMIDOS EN EL MODELO PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL DESPLIEGUE	114
<b>TABLA 27</b> COSTE MEDIO ENERGÉTICO POR PUERTO Y POR MES	114
<b>TABLA 28</b> CAPEX ESTIMADO POR REGIÓN (FUENTE: AIRCOM INTERNATIONAL)	139
<b>TABLA 29</b> INVERSIÓN TOTAL ANUALIZADA (€) (DESPLIEGUE DE FTTH)	139
<b>TABLA 30</b> ESTRATEGÍAS DE ADQUISICIÓN DE ESPECTRO Y DESPLIEGUE DE LTE EN LOS PRINCIPALES PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA	144
<b>TABLA 31</b> COSTE MEDIO POR USUARIO POR MES – OP. INCUMBENTE Y COMPETIDOR (FTTH)	146
<b>TABLA 32</b> CARGO POR LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO POR CLUSTER	148
<b>TABLA 33</b> MERCADOS SUSCEPTIBLES DE REGULACIÓN EX - ANTE EN LA UE SEGÚN LA RECOMENDACIÓN DEL 17/12/2007	152
<b>TABLA 34</b> ROLES QUE HAN TOMADO PARTE EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	169
<b>TABLA 35</b> COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RRHH	170
<b>TABLA 36</b> COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RECURSOS HARDWARE	170
<b>TABLA 37</b> COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RECURSOS SOFTWARE	170
<b>TABLA 38</b> COSTE TOTAL DEL PROYECTO	171

## 0. OBJETIVOS

¿Qué es lo que hace que una determinada tecnología triunfe frente a otras y consiga implantarse a nivel global? ¿depende este triunfo únicamente de las bondades técnicas que atesora dicha tecnología? ¿o hay algo más?

Efectivamente, hay algo más. Algo que quizás, en determinadas ocasiones, a las personas inmersas en estudios técnicos se nos olvida tener en cuenta. Se trata del contexto económico, político y social en el cual nos encontramos en el momento de presentar al mundo una determinada tecnología. El éxito o fracaso de una determinada tecnología dependerá, por tanto, de su adecuación no sólo a nivel técnico sino de igual manera a nivel económico a un contexto político y social determinado en el que, adicionalmente, un marco regulatorio concreto puede suponer un incentivo hacia la implantación de dicha tecnología o, en otros casos, todo lo contrario.

En este Proyecto Fin de Carrera pretendemos situarnos en ese “mundo real” para realizar un análisis de la situación actual del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y más concretamente de las tecnologías de *Banda Ancha* en el contexto de la Unión Europea para, posteriormente, analizar cuál podría ser un futuro plausible de este sector. Como veremos más adelante, el sector en el que nos desenvolvemos, el de las TIC, está tomando cada vez más y más importancia en el crecimiento de los países desarrollados y, lo que es más importante, también en aquellos en vías de desarrollo. Es por esto que la Comisión Europea lo ha considerado como uno de los pilares sobre los que sustentar su estrategia de cara a salir de la situación de crisis económica en la que se encuentra la Unión Europea en estos momentos. De ahí la presentación en mayo de 2010 de la llamada **Agenda Digital para Europa** [6] que marcará el devenir de nuestro sector en los próximos años.

El objetivo de este Proyecto será, por tanto, analizar las causas que han llevado a la Comisión Europea a presentar dicha Agenda Digital Europea, veremos en qué consiste dicha Agenda, cuáles son sus objetivos y las medidas que plantea para su consecución. Nos centraremos en analizar cuáles son las alternativas, tecnológicamente hablando, que permitirían alcanzar los objetivos de dicha Agenda en los plazos marcados y finalizaremos analizando qué implicaciones económicas y cambios regulatorios supondría la implantación de una u otra alternativa tecnológica.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la creación de la Unión Europea, hace ya más de sesenta años, han sido muchos y variados los campos de actuación en los que se han ido introduciendo iniciativas y nuevos marcos regulatorios dentro de la Unión siempre con la finalidad última de *promover la paz, sus valores y el bienestar de sus pueblos* (tal y como aparece recogido en el artículo 3 del Tratado de la Unión Europea). En este contexto nos proponemos abordar, en el presente Proyecto Fin de Carrera, uno de los más novedosos y ambiciosos planes propuestos por la Unión Europea en los últimos años, la Agenda Digital para Europa. Dicho plan se enmarca dentro del ámbito de la Sociedad de la información y está llamado a ser una herramienta estratégica para el crecimiento económico de la Unión Europea en su conjunto.

Para comprender mejor las necesidades que han provocado la presentación de este nuevo plan de actuación en el marco de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones debemos conocer los cambios, tanto económicos como políticos y sociales, que han desembocado en una Unión de Estados Europeos tal y como la conocemos hoy en día. Hagamos, pues, un breve repaso de la historia de este marco de convivencia en el que nos encontramos inmersos.

Los orígenes de la formación de la Unión Europea se remontan a los años 50 cuando, una vez terminada la Segunda Guerra Mundial, varios países deciden trabajar en evitar que una matanza entre europeos semejante a la producida pocos años atrás pudiera volver a repetirse. El germen, pues, de la Unión Europea lo constituirá el llamado *Consejo de Europa* creado por varias naciones de Europa Occidental en el año 1949, siendo un año más tarde, el 9 de mayo de 1950 (en adelante, cada 9 de mayo se celebrará el "Día de Europa"), cuando el Ministro francés de Asuntos Exteriores, Robert Schuman, presente un plan para una mayor cooperación.

Es el llamado *plan Schuman* firmado por seis países y cuyo objetivo primordial consistía en gestionar las industrias pesadas de estos seis países (carbón y acero) de forma común. El fin último era que ninguno de estos países pudiera, de manera individual, fabricar armas de guerra para utilizarlas contra el otro, como ocurría en el pasado. Estos primeros Estados miembros fueron: Alemania, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos (son los llamados Estados miembros fundadores)

Unos pocos años después, el 25 de marzo de 1957, dado el éxito del Tratado constitutivo de la *Comunidad del Carbón y del Acero*, los seis países miembros amplían la cooperación a otros sectores económicos firmando el *Tratado de Roma* que constituirá la creación de la llamada *Comunidad Económica Europea (CEE)* o "Mercado Común". Ampliando el objetivo originario a la consecución de un ámbito geográfico europeo en el que personas, bienes y servicios pudieran moverse libremente a través de las fronteras.

Comienza de este modo una etapa histórica, en la larga andadura de nuestro continente, que se caracterizará por el desarrollo de marcos de cooperación y legislativos comunes que cambiarán, de manera definitiva, el panorama político y económico de Europa. Estos son, de manera cronológica, algunos de los más importantes marcos normativos y de cooperación que surgirán al amparo de este nuevo impulso hacia una “Unión de Estados Europeos”:

- **30 de julio de 1962**

Desarrollo y aplicación de la PAC (*política agraria común*) por la que se crea un control compartido de la producción alimentaria por parte de los Estados miembros

- **1 de julio de 1968**

Se produce el germen del *libre comercio* entre Estados miembros mediante la supresión de los derechos de aduana entre los Seis aplicando estos Estados, al mismo tiempo, los mismos derechos aduaneros a las importaciones provenientes de terceros países. Nace, de esta manera, el mercado único más grande del mundo.

- **10 de diciembre de 1974**

Se crea el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, fomentando la solidaridad entre los Estados miembros (cuyo número se vio incrementado un año antes, en 1973, de seis a nueve con la incorporación de: Dinamarca, Irlanda y Reino Unido) para garantizar la transferencia de ayudas económicas de las regiones más ricas hacia las más pobres con el objetivo de mejorar las carreteras y las comunicaciones, atraer inversiones y crear empleos.

- **7 de febrero de 1992**

Nacimiento de *Unión Europea* tal y como la conocemos hoy (desapareciendo el concepto de CEE existente hasta ese momento). Este hito, alcanzado gracias al llamado Tratado de la Unión Europea o “Tratado de Maastricht”, suponía el establecimiento de las bases para una futura *moneda única*, una *política exterior y de seguridad* común, así como para la ampliación de la cooperación en materia de *justicia y asuntos de interior*.

- **26 de marzo de 1995**

En este año se establecen y entran en vigor en siete de los Estados miembros (Alemania, Bélgica, España, Francia, Luxemburgo, Países Bajos y Portugal) los acuerdos de Schengen por los que los viajeros de estos Estados pueden visitar estos países sin control de pasaportes en las fronteras (este mismo año la Unión Europea se amplía a quince Estados con la incorporación de: Austria, Finlandia y Suecia)

- **1 de enero de 1999**

Entra en vigor *el euro* en once de los Estados miembros (más Grecia dos años más tarde) para sus transacciones comerciales y financieras, es la llamada *zona euro* formada por: Alemania, Austria, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, los Países Bajos y Portugal.

- **Desde el 2000**

1 de enero de 2002 entran en circulación las monedas y billetes en euros. Nuevos países se incorporan a la Unión Europea llegando a la totalidad de los veintisiete países miembros actuales (en mayo de 2004 diez países: Chipre, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia y República Checa más Bulgaria y Rumanía en enero de 2007). La Unión Europea liberaliza completamente su mercado de telecomunicaciones mediante la publicación en 2002 de la *directiva 2002/21/CE relativa a un marco regulador común de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas* (Directiva marco) (el origen real de esta liberalización deberíamos situarlo unos años antes, en el año 1987, con la publicación por parte de la Comisión Europea del *Libro Verde sobre el desarrollo del mercado común de los servicios y los equipos de telecomunicaciones*)

Como hemos podido ver, a lo largo de este pequeño repaso histórico, son muchos y variados los ámbitos de actuación en los que se ha avanzado hacia una política común a lo largo de estas más de seis décadas de historia de la Unión Europea. Uno de los ámbitos de actuación más recientes, como hemos podido ver y como adelantamos al comienzo de la presente introducción, es el de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. También este ámbito se ha visto influido por el fin último perseguido desde los orígenes de la Unión Europea: el de conseguir un marco regulatorio común, en este caso en el sector de las Telecomunicaciones, liberalizando el sector y fomentando la competencia no sólo dentro de cada Estado miembro si no de manera general en todo el ámbito de la Unión Europea.

Así, situándonos de nuevo en el momento actual, podemos ver que los cambios producidos en este sector desde la entrada en vigor del nuevo marco regulatorio en el año 2002 (y anteriores y posteriores regulaciones) han sido muchos y muy importantes. La Unión Europea ha desempeñado un papel central al fijar el ritmo de apertura de los mercados, mantener la igualdad de oportunidades entre todos los participantes, defender los intereses de los consumidores e incluso definir normas técnicas. La competencia ha obligado a bajar los precios y ha mejorado la calidad.

A pesar de estos grandes avances alcanzados en los últimos años sigue existiendo, sin embargo, margen de mejora. Esto, unido a la situación de crisis económica actual y a la importancia cada día mayor de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones como factor estratégico para generar crecimiento económico constituyen la base del desarrollo de la Agenda Digital para Europa presentada en mayo de 2010 como una de las siete iniciativas englobadas en la estrategia Europa 2020 (propuesta estratégica puesta en marcha en marzo de 2010 por la Comisión Europea con el objetivo de salir de la crisis y preparar a la economía de la UE para los retos de la próxima década)

Iniciaremos, por tanto, el presente Estudio con un análisis de la situación actual del sector de las Telecomunicaciones en la Unión Europea y en concreto del despliegue de la Banda Ancha. Veremos cuáles son los problemas y limitaciones actuales del Mercado para continuar, en el capítulo tercero, con una descripción de las propuestas de la Agenda Digital Europea para avanzar en la solución y superación de estos problemas y limitaciones. Nos centraremos en la propuesta clave de dicha Agenda, la de fomentar el despliegue y adopción de la banda ancha rápida y ultrarrápida como el eje central alrededor del cual girarán el resto de propuestas recogidas en la citada Agenda. Realizaremos, a continuación, un detallado análisis, en el capítulo cuarto, de las posibles alternativas tecnológicas que posibilitarían la consecución de los objetivos marcados en la Agenda Digital Europea en los plazos de tiempo que en ella se recogen. Una vez llegados a ese punto, en los capítulos quinto y sexto, llevaremos a cabo un estudio de las connotaciones económicas y del impacto regulatorio asociados al despliegue de infraestructuras nuevas y mejoradas relativas a cada una de dichas alternativas tecnológicas. Finalizaremos presentando, por último, en el capítulo séptimo, las principales conclusiones del estudio realizado.

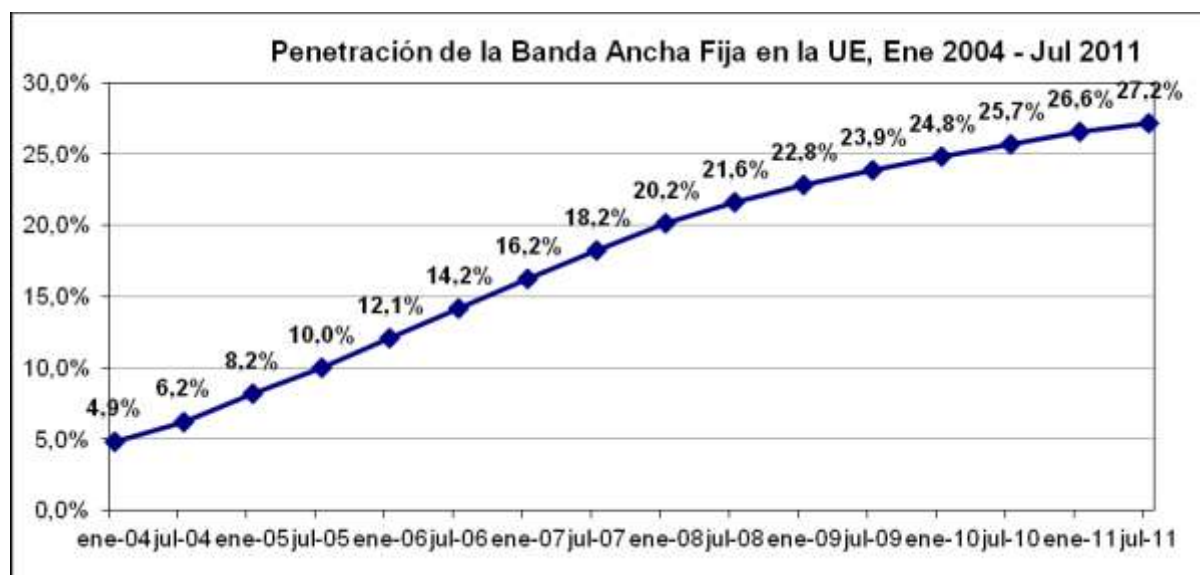
## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ¿PORQUÉ UNA AGENDA DIGITAL PARA EUROPA?

En este segundo capítulo analizaremos la situación actual de la Banda Ancha en la Unión Europea, los problemas y limitaciones a los que la Unión Europea se enfrenta en materia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y cómo esto, unido a la situación económica actual, supuso la presentación de la Estrategia e2020 y la definición de una “Agenda Digital para Europa” como una de sus propuestas estrella.

### 2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA BANDA ANCHA EN EUROPA

#### 2.1.1 BANDA ANCHA FIJA

De acuerdo con los últimos estudios realizados por la Comisión Europea, actualizados a fecha de uno de julio de 2011 [1], la penetración de la banda ancha fija (número de líneas por cada 100 habitantes) continuó su crecimiento hasta situarse en el 27.2% de media en el conjunto de la Unión Europea.



**FIGURA 1** PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, ENERO 2004-JULIO 2011

Este crecimiento, sin embargo, es el más bajo desde que la Comisión Europea comenzó sus estudios en 2003, situándose en un incremento diario en número de líneas de 18.855 en media, lo que supone alrededor de un tercio del mayor crecimiento en este periodo de estudio producido en el segundo semestre de 2005.

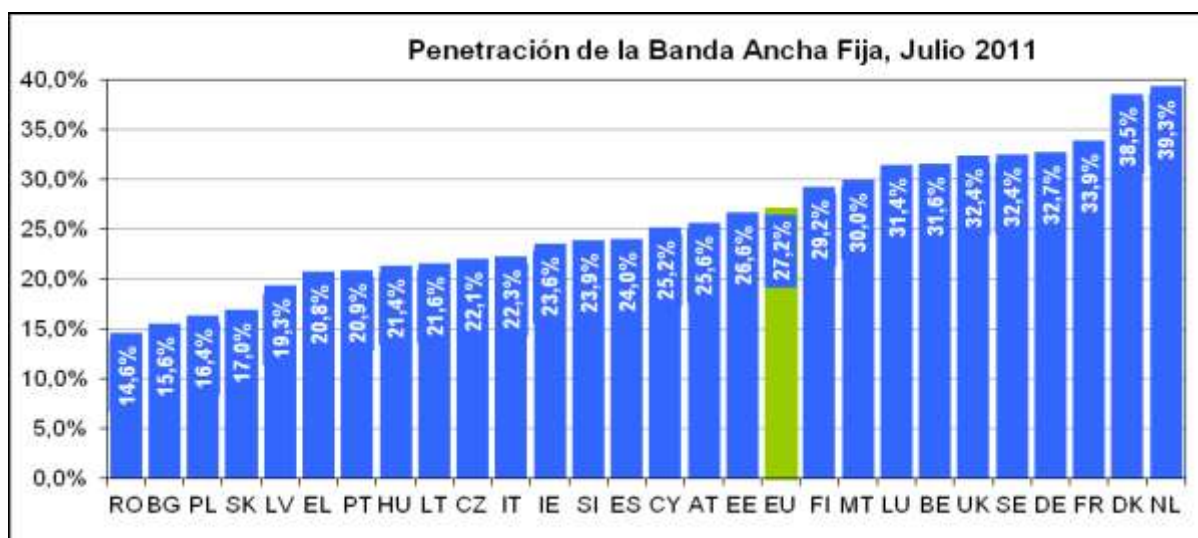




**FIGURA 2** AUMENTO DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR DÍA A NIVEL EUROPEO, ENE 2004-JUL 2011

Como se puede ver en la figura anterior, la penetración de la Banda Ancha fija en la Unión Europea está sufriendo, en los últimos tiempos, una clara desaceleración. Este dato es preocupante ya que nos encontramos aún lejos del considerado como nivel de saturación que rondaría una penetración del 40% en contraposición al 27.2% actual. Como dato relevante, a finales de 2010 tan sólo el 60.8% de los hogares de la Unión Europea contaba con una subscripción de Banda Ancha.

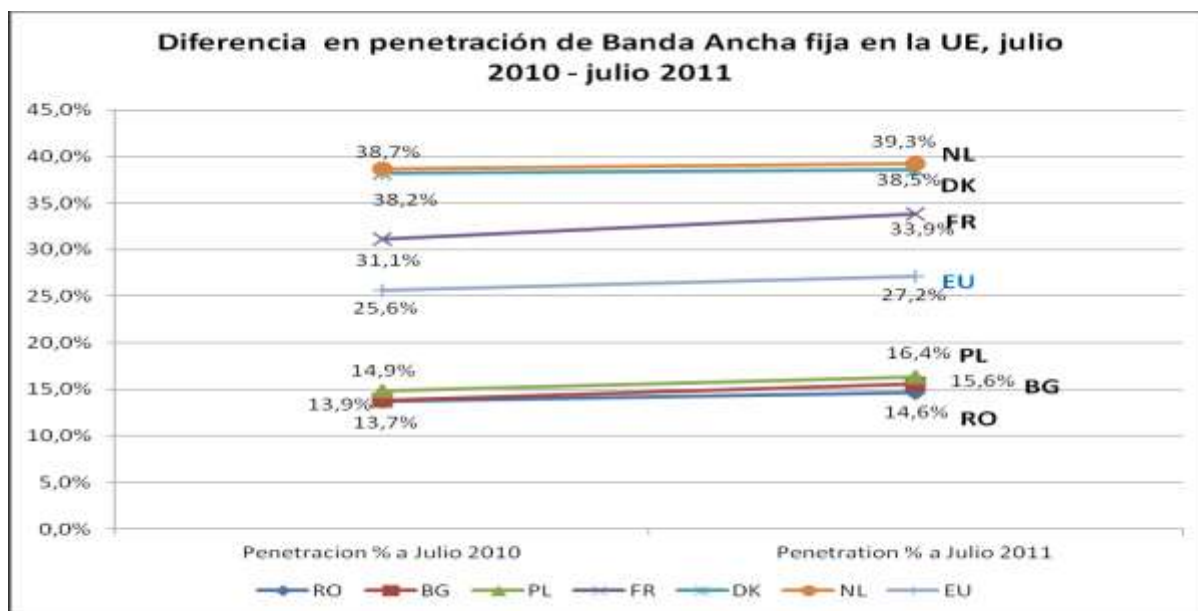
Si analizamos la situación país a país dentro de la Unión Europea veremos que a la cabeza, en cuanto a penetración de banda ancha fija, se encuentran Holanda con un 39.3%, Dinamarca con un 38.5%, Francia con un 33.9% y Alemania con un 32.7%. Por el contrario, con niveles de penetración aún inferiores al 20%, encontramos a cinco de los Estados Miembros, dichos Estados son: Rumania con un 14.6% y a la cola en este aspecto, Bulgaria con un 15.6%, Polonia con un 16.4%, Eslovaquia con un 17% y finalmente Letonia con un 19.3%.



**FIGURA 3** PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA POR PAÍS, JULIO 2011

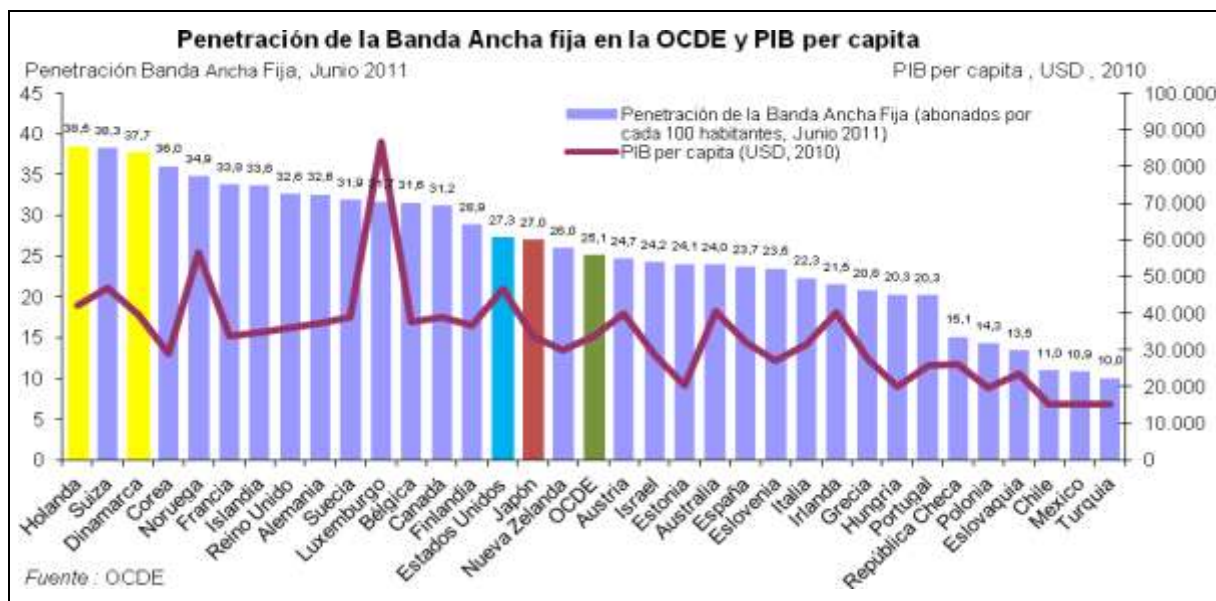


La diferencia, como vemos, entre los países que mayor y menor ratios de penetración tienen en el seno de la Unión sigue siendo grande aunque va ligeramente decreciendo mes a mes (de 25 puntos porcentuales en julio de 2010 a 24.7 puntos porcentuales una año después, en julio de 2011).



**FIGURA 4** DIFERENCIA EN PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, JUL 2010 - JUL 2011

A pesar de la acusada desaceleración que hemos visto que se ha producido en los últimos tiempos, algunos de los Estados Miembros (como Holanda y Dinamarca) continúan en cabeza a nivel mundial en cuanto a penetración de Banda Ancha fija. Del mismo modo, la Unión Europea en su conjunto ha conseguido, en este último año, prácticamente alcanzar e incluso superar a países como Estados Unidos (27.3%) y Japón (27%) en cuanto a penetración de Banda Ancha fija y se encuentra por encima de la media de la OCDE (25.1%) [3] en este aspecto.



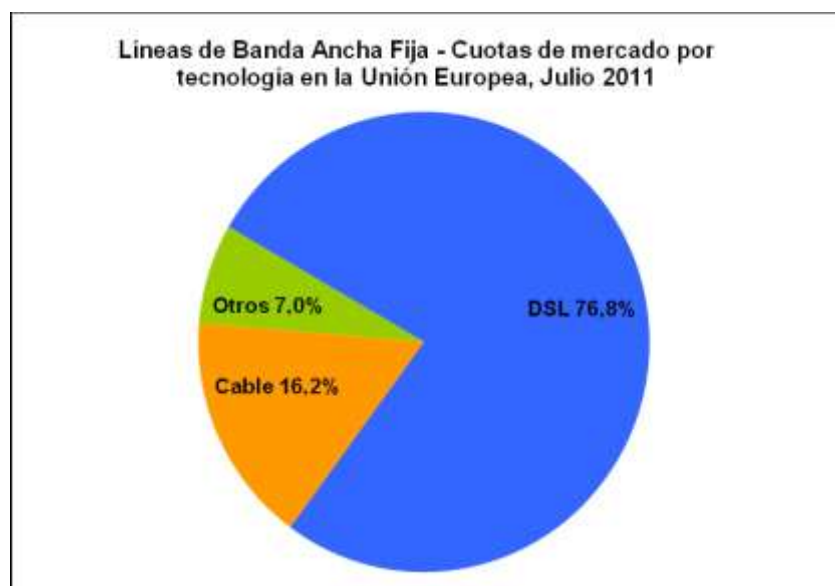
**FIGURA 5** PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA EN LA OCDE (JUN 2011) Y PIB PER CAPITA (2010)

## I. DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO DE LA BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍA

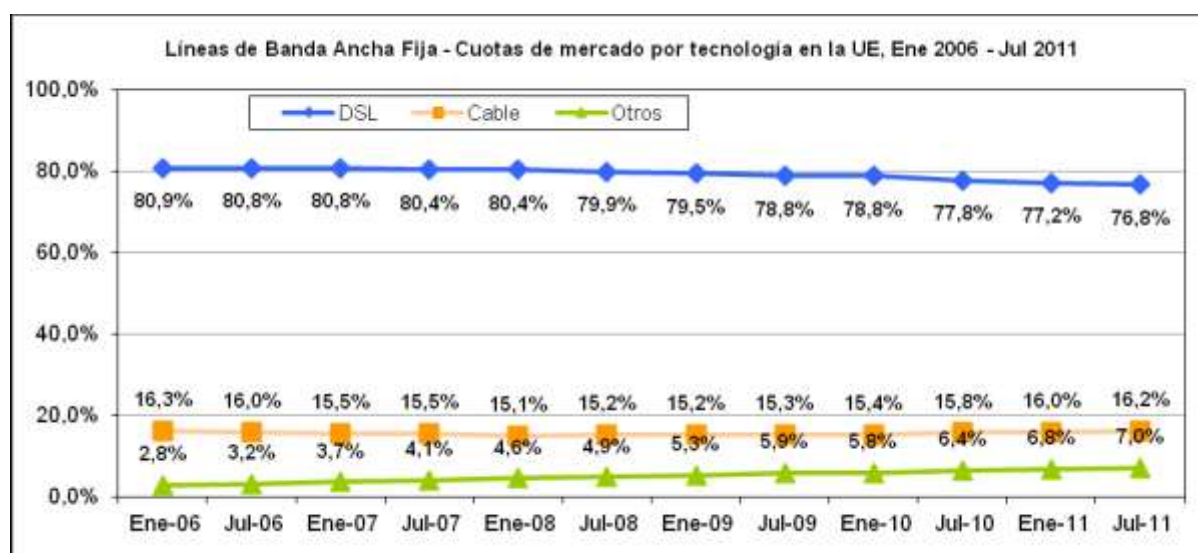
Dentro de la conocida como Banda Ancha Fija, que según la definición de la *UIT* (Unión Internacional de Telecomunicaciones) sería el acceso de alta velocidad a la red Internet pública (una conexión TCP/IP) de manera alámbrica [5], se encuentran, entre otros, los accesos a través de *módem de cable*, a través de tecnologías *DSL* y a través de tecnologías de *fibra hasta el hogar/edificio (FTTH/FTTB)*.

Veamos qué cuota de mercado representa cada una de estas tecnologías a día de hoy en la Unión Europea. La tecnología de Banda Ancha Fija más extendida en la Unión Europea, a día de hoy, según datos de la Comisión Europea de julio de 2011 continúa siendo el acceso DSL que supone tres cuartas partes del mercado (76.8%). Esta cuota de mercado se ha mantenido prácticamente constante en los últimos años.

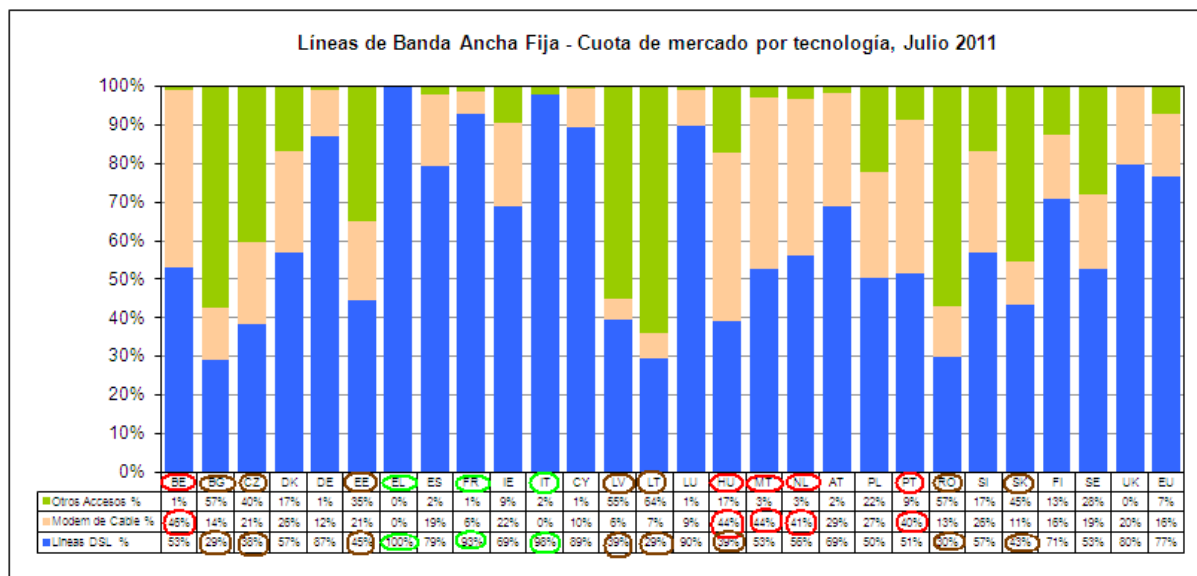
A continuación, en cuanto a cuota de mercado, se situaría el acceso a través de módem de cable que supone alrededor de la sexta parte del total del mercado de Banda Ancha fija en la Unión Europea. Esta cuota de mercado, a diferencia de lo que ha sucedido con el acceso DSL, sí ha ido aumentando ligeramente en los últimos años convirtiendo este acceso en el mayor competidor del acceso DSL en países como Bélgica (46 %), Hungría (44 %), Malta (44 %), Holanda (41 %) o Portugal (40 %).



**FIGURA 6** CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, JUL 2011



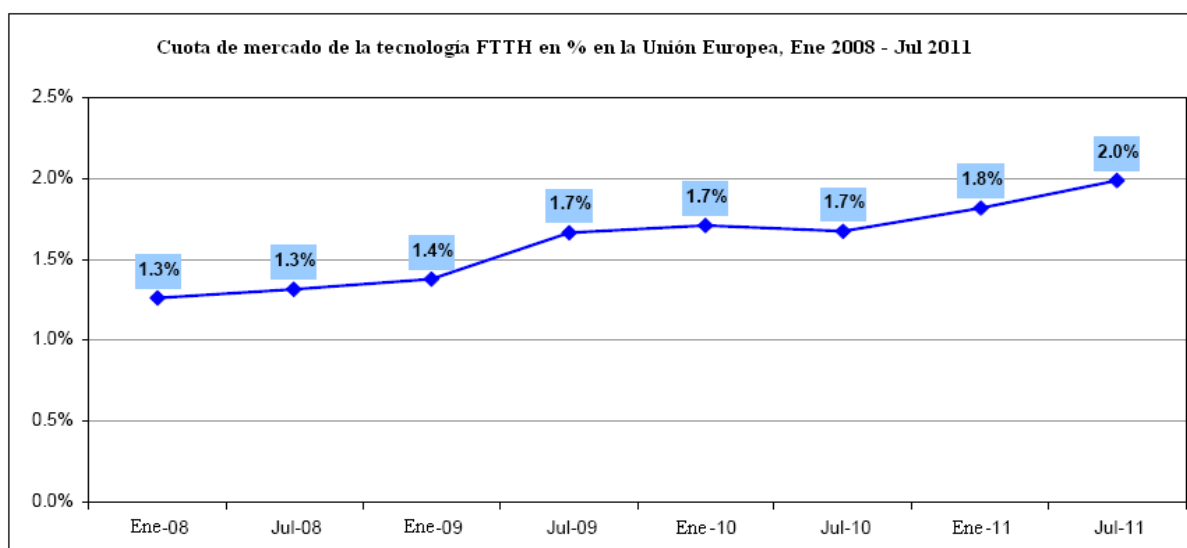
**FIGURA 7** EVOLUCIÓN DE LAS CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE, ENE 2006 - JUL 2011



**FIGURA 8 CUOTAS DE MERCADO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA EN LA UE POR PAÍS, JUL 2011**

Como se puede ver en la gráfica anterior, en la Unión Europea aún ocho Estados Miembros cuentan con cuotas de acceso DSL por debajo del 50% (Bulgaria, República Checa, Estonia, Letonia, Lituania, Hungría, Rumania y Eslovaquia), todos ellos países que se unieron a la Unión Europea en 2004 o en 2007. Sin embargo, al mismo tiempo, países como Grecia (100%), Italia (98%) y Francia (93%) presentan cuotas de mercado de acceso DSL por encima del 90% lo que da una idea de lo compleja y diversa de la situación de la Banda Ancha Fija en la Unión Europea.

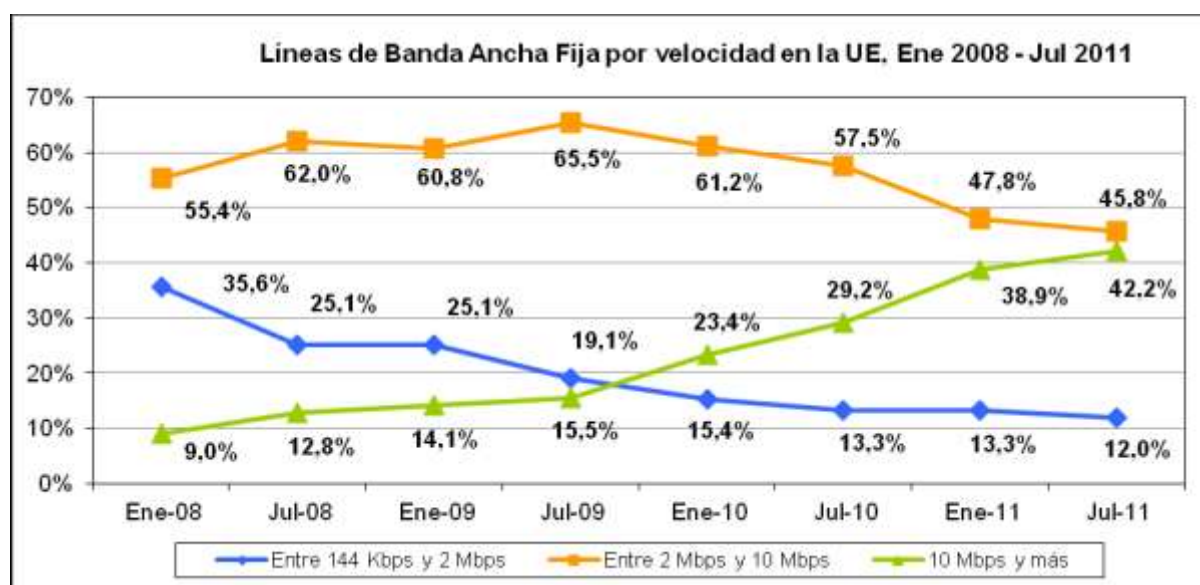
Resulta interesante resaltar que la cuota de mercado de la tecnología de Banda Ancha Fija FTTH (“Fiber To The Home”, Fibra hasta el Hogar) sigue siendo marginal en la Unión Europea, con una cuota de mercado alrededor del 2%.



**FIGURA 9 CUOTA DE MERCADO DE LA TECNOLOGÍA FTTH EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2008 – JUL 2011**

## II. VELOCIDADES

Respecto a las velocidades de las líneas de Banda Ancha Fija, según datos de la Comisión Europea a fecha de Julio de 2011, casi la mitad de estas líneas en la Unión Europea (un 42.2%) cuenta con una velocidad por encima de los 10 Mbps (en descarga) y sólo un 12% contaría con una velocidad en descarga por debajo de los 2 Mbps o, lo que es lo mismo, el 88% del conjunto de las líneas de Banda Ancha desplegadas en la Unión Europea cuentan con una velocidad de al menos 2 Mbps.



**FIGURA 10** LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR VELOCIDAD EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2008 – JUL 2011

En la gráfica anterior se puede ver la evolución que se ha producido en la velocidad de las líneas de Banda Ancha en los últimos años en la Unión Europea. Como se puede apreciar, el mayor incremento se ha producido en el número de líneas de velocidades superiores a los 10 Mbps, mientras que las líneas de velocidades inferiores a los 2 Mbps han disminuido considerablemente en número en ese mismo periodo de tiempo. Finalmente, resulta interesante comentar que el número de líneas de velocidades comprendidas entre los 2 Mbps y los 10 Mbps se ha mantenido prácticamente constante a lo largo de estos últimos años.

A pesar de los aceptables datos anteriores, la Unión Europea se encuentra aún en una situación bastante pobre en cuanto a despliegue de Banda Ancha de muy alta velocidad, así las líneas de Banda Ancha Fija de al menos 30 Mbps (en descarga) suponen en la Unión Europea tan sólo el 6.6% de las líneas de Banda Ancha Fija, mientras que aquellas con una velocidad de descarga superior a los 100 Mbps representan tan sólo el 0.9% del total.

País	Más de 144 Kbps y menos de 2 Mbps	2 Mbps y más, y menos de 10 Mbps	10 Mbps y más, y menos de 30 Mbps	30 Mbps y más, y menos de 100 Mbps	100 Mbps y más
BE	1,6%	33,7%	34,8%	28,4%	1,5%
BG	0,8%	16,6%	60,2%	22,1%	0,2%
CZ	8,9%	60,4%	28,3%	2,0%	0,4%
DK	3,5%	40,3%	47,7%	7,8%	0,7%
DE	12,5%	54,1%	27,2%	6,0%	0,3%
EE	37,2%	48,6%	10,3%	1,1%	2,7%
EL	0,0%	44,5%	55,5%	0,0%	0,0%
ES	13,5%	42,5%	39,9%	4,0%	0,1%
FR	22,3%	22,0%	53,4%	2,2%	0,0%
IE	14,0%	66,7%	17,0%	2,2%	0,1%
IT	16,7%	74,5%	8,8%	0,0%	0,0%
CY	6,9%	85,8%	7,3%	0,0%	0,0%
LV	3,6%	51,0%	25,5%	10,2%	9,6%
LT	15,1%	40,5%	5,6%	30,0%	8,9%
LU	0,4%	68,1%	26,7%	4,7%	0,1%
HU	13,6%	44,1%	28,4%	12,8%	1,2%
MT	0,7%	84,9%	13,9%	0,5%	0,0%
NL	5,2%	35,2%	39,1%	18,5%	2,0%
AT	2,7%	73,1%	21,9%	1,5%	0,8%
PL	37,2%	44,8%	16,0%	1,7%	0,2%
PT	2,9%	23,1%	64,3%	8,5%	1,2%
RO	2,4%	36,5%	18,2%	28,3%	14,6%
SI	20,7%	45,8%	32,8%	0,3%	0,5%
SK	11,2%	61,6%	13,5%	12,8%	0,9%
FI	16,9%	42,4%	32,5%	3,2%	5,0%
SE	7,9%	43,0%	34,1%	9,4%	5,5%
UK	0,4%	49,1%	49,3%	1,2%	0,0%
EU	12,0%	45,8%	35,6%	5,7%	0,9%

**TABLA 1** LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR VELOCIDAD Y PAÍS, JULIO 2011

Analizando los datos de la tabla anterior vemos que Bélgica, Holanda y, curiosamente, Bulgaria, Lituania y Rumanía se encuentran a la cabeza de la Unión Europea en lo que a líneas de Banda Ancha de muy alta velocidad (velocidad igual o mayor a 30 Mbps en descarga) se refiere. Así todos estos países cuentan con más de un 20% de líneas de muy alta velocidad respecto al total de líneas de Banda Ancha desplegadas. Sin embargo, mientras que Bélgica y Holanda deben esta situación a una importante inversión en la evolución de sus infraestructuras de telecomunicaciones, la misma situación en países como Lituania, Bulgaria y Rumania parece deberse, sin embargo, a la adopción directa de las soluciones tecnológicas más avanzadas sin pasar por soluciones anteriores, es decir, por la implantación directa de infraestructuras de Banda Ancha de última generación (lo que se conoce en inglés como el fenómeno de “leapfrog” común en países en desarrollo).



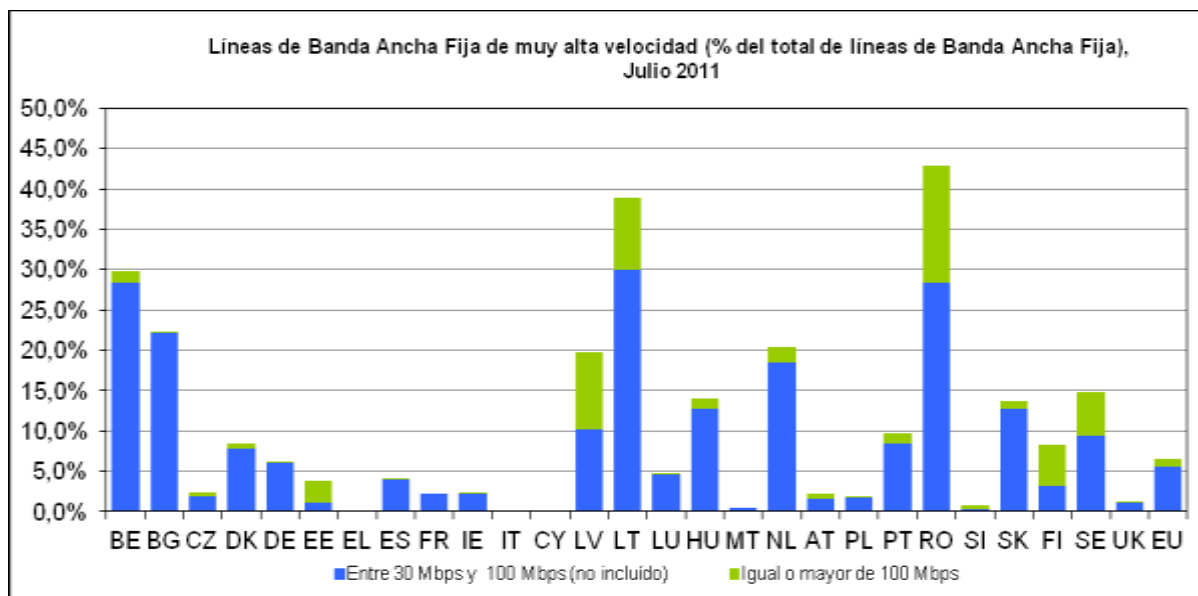


FIGURA 11 LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA DE MUY ALTA VELOCIDAD POR PAÍS, JUL 2011

Como vimos anteriormente en este mismo capítulo, el despliegue de la fibra hasta el hogar (FTTH, “Fiber To The Home”) en la Unión Europea supone escasamente un 2% del total de líneas de Banda Ancha Fija desplegadas a fecha de julio de 2011. Si comparamos estos datos con los de países como Corea del Sur (20.4%) o Japón (16.4%) se puede ver que la Unión Europea está muy lejos, con respecto a estos países, en cuanto a despliegue de esta tecnología de *Acceso de Nueva Generación* (en inglés NGA, “Next Generation Access”) lo que supone un hándicap importante como veremos a lo largo del presente capítulo.

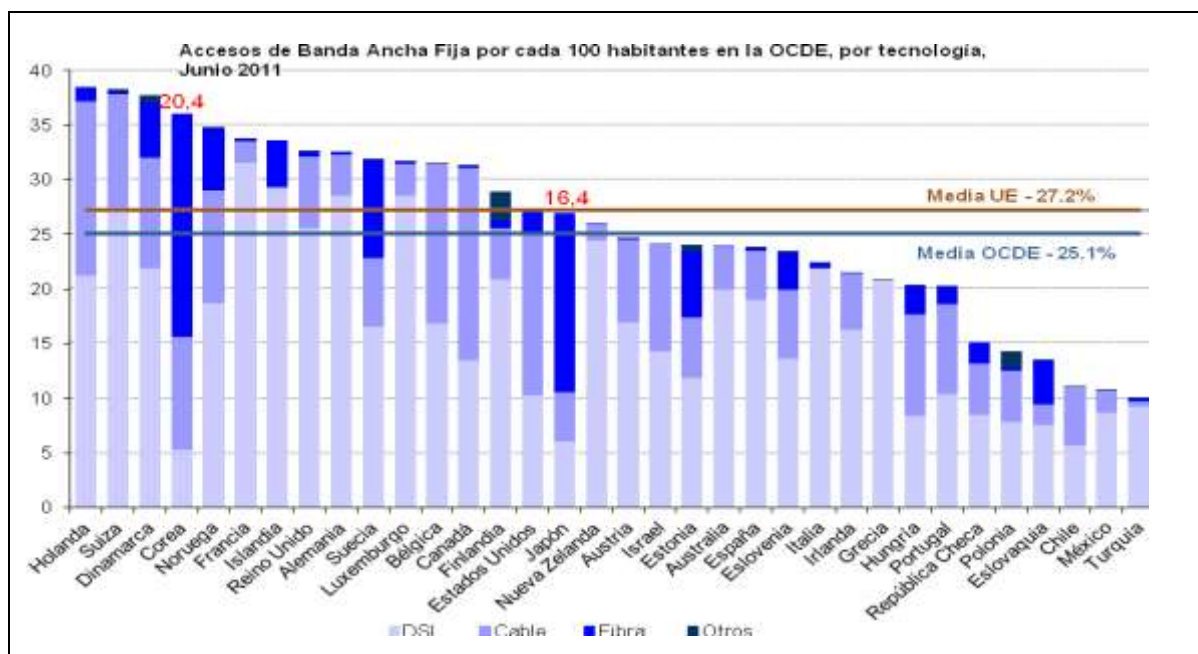
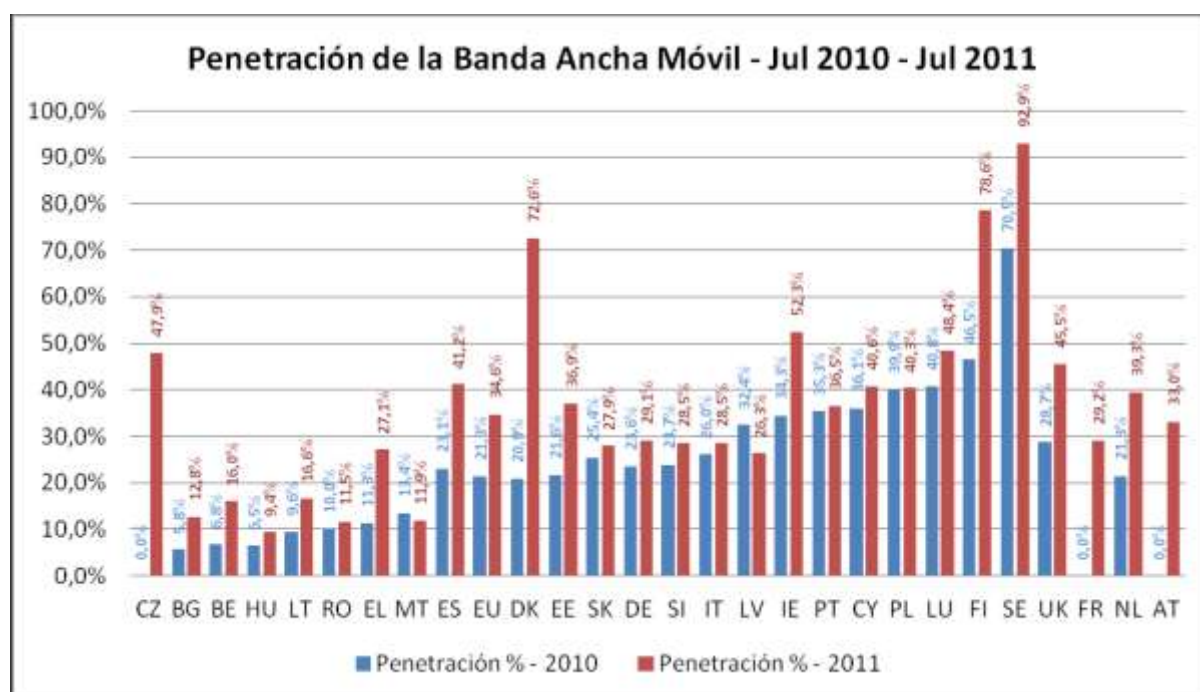


FIGURA 12 ACCESOS DE BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍA EN LA OCDE, JUN 2011

## 2.1.2 BANDA ANCHA MÓVIL

Dentro del mercado de la Banda Ancha el otro gran segmento, frente al analizado en el apartado anterior, quedaría representado por las tecnologías de Banda Ancha Móvil. Este segmento es el que ha experimentado un crecimiento más rápido en el último año, de tal manera que la penetración de la Banda Ancha Móvil (contabilizando todos los usuarios de Banda Ancha Móvil incluidos los usuarios de teléfonos inteligentes o “*smartphones*”) alcanzó el 34.6% a fecha de uno de julio de 2011 (frente al 21.3% del año anterior) [1], un incremento interanual de más del 55% en media en la Unión Europea.

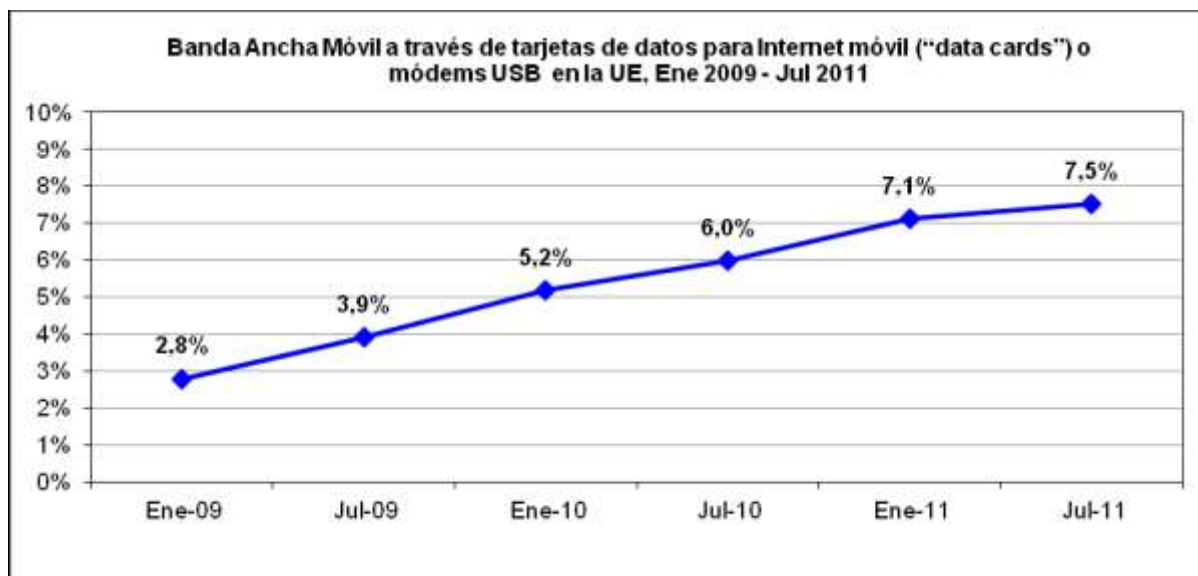
Como se puede ver en la gráfica siguiente, la penetración de la Banda Ancha Móvil es especialmente relevante en los países nórdicos con penetraciones rondando el 80 % - 90 % (92.9 % en Suecia, 78.6 % en Finlandia y 72.6 % en Dinamarca).



**FIGURA 13** PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA MÓVIL EN LA UE POR PAÍS, EVOLUCIÓN JUL 2010 – JUL 2011

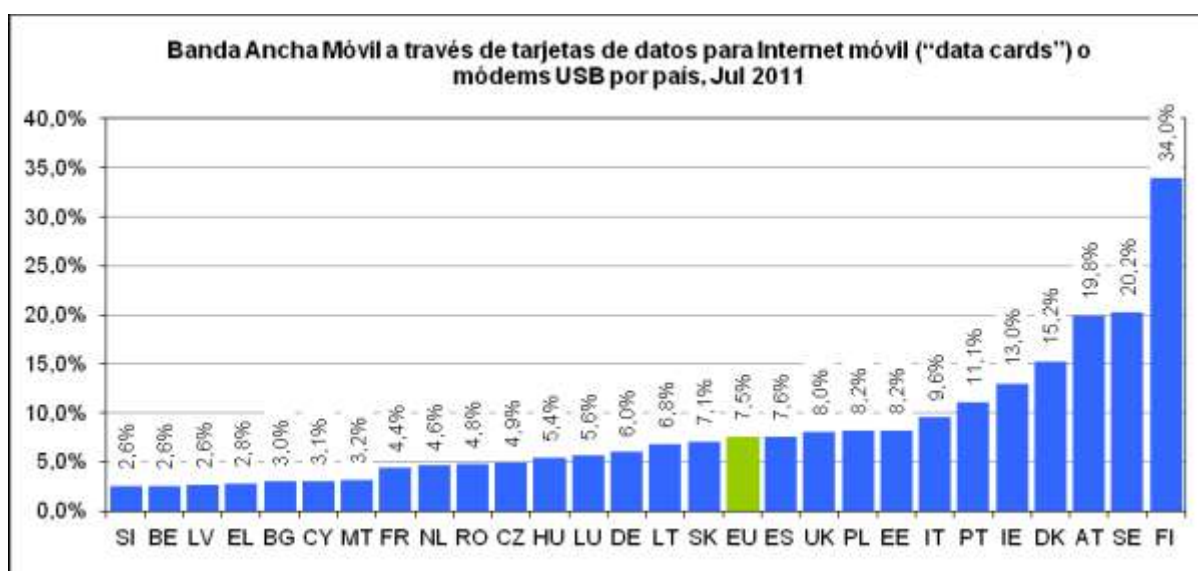
Si consideramos únicamente la penetración de la Banda Ancha Móvil a través de tarjetas de datos para Internet móvil (“*data cards*”) o módems USB vemos que también ha experimentado un crecimiento de más de un 25% en el último año pasando de una penetración del 6% a fecha de uno de julio de 2010 a una penetración del 7.5% un año después.





**FIGURA 14** BANDA ANCHA MÓVIL A TRAVÉS DE TARJETAS DE DATOS PARA INTERNET MÓVIL ("DATA CARDS") O MÓDEMS USB EN LA UE, EVOLUCIÓN ENE 2009 – JUL 2011

Este crecimiento, sin embargo, se ha visto ralentizado en los últimos seis meses (crecimiento de tan sólo un 0.4 %) en el conjunto de la Unión Europea e incluso se ha producido un decrecimiento de la penetración en algunos Estados Miembros (Bulgaria, Polonia y Portugal). En otros Estados Miembros, sin embargo, la penetración de este tipo de Banda Ancha presenta ratios superiores al 15% del mercado global de Banda Ancha (Finlandia con un 34.0 %, seguida de Suecia con un 20.2 %, Austria con un 19.8 % y Dinamarca con un 15.2 %) convirtiendo, en estos países, a la Banda Ancha Móvil en un posible sustituto de la Banda Ancha Fija.



**FIGURA 15** BANDA ANCHA MÓVIL A TRAVÉS DE TARJETAS DE DATOS PARA INTERNET MÓVIL ("DATA CARDS") O MÓDEMS USB EN LA UE POR PAÍS, JUL 2011

## 2.2 PROBLEMAS Y LIMITACIONES A LOS QUE EUROPA SE ENFRENTA

En el apartado anterior hemos analizado la situación actual de la Banda Ancha en el seno de la Unión Europea. Hemos visto que la situación actual, pese a no ser negativa, no deja de presentar numerosos puntos de mejora. Adicionalmente a los problemas o limitaciones que vimos en el apartado anterior, y que enumeraremos de nuevo a continuación, la propia Comisión Europea decidió consultar a las distintas partes interesadas en el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para determinar los obstáculos más importantes a los que se enfrentaba dicho sector.

Paralelamente a estas consultas, en abril de 2010 se produjo una importante reunión de todos los ministros responsables de las Políticas de la Sociedad de la Información de los Estados Miembros de la Unión Europea, y del Área Económica de Europa. Esta reunión tuvo su sede en Granada y dio como resultado la que se conoce como “Declaración de Granada para la Agenda Digital” [8].

Con la información recabada por estas distintas vías, la Comisión Europea ha identificado una serie de puntos débiles que por sí solos o de manera combinada frenan los esfuerzos realizados para explotar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Estas debilidades están provocando que la Unión Europea se esté quedando a la zaga de sus socios industriales, países tales como Estados Unidos o Japón, en este importante sector. Veamos cuales son algunas de estas debilidades o limitaciones:

### – *Fragmentación de los mercados digitales*

A pesar de que la Unión Europea se comporta eficazmente como un mercado único en el mundo “fuera de línea” continúa funcionando como un mosaico de mercados nacionales en el mundo “en línea”. Esta situación provoca que los europeos no puedan disfrutar de los beneficios de un mercado único digital en el que los servicios y contenidos comerciales y culturales se muevan libremente a través de las fronteras nacionales.

Existen aún obstáculos reglamentarios, problemas relacionados con el pago y la facturación electrónica de un país a otro y esto, unido a la inexistencia de un marco regulador único, hace que se suscite desconfianza entre los potenciales consumidores de contenidos digitales en el seno de la Unión Europea.

Por poner un ejemplo, para crear un servicio disponible en toda la Unión Europea una tienda de música en línea tendría que negociar con numerosas sociedades de gestión de derechos basadas en 27 países. Esta situación contrasta con el marco comercial y los canales de distribución relativamente simples de otras regiones, en particular los Estados Unidos, y recuerda la de otros mercados fragmentados, tales como los de Asia. Un reflejo de esta situación la tendríamos en el mercado de descargas de canciones vía Internet en el que se producen cuatro veces más descargas en Estados Unidos que en la Unión Europea.



Fuente: Screen Digest.

**FIGURA 16** DESCARGAS UNITARIAS DE MÚSICA POR TRIMESTRE (EN MILLONES)

Esta fragmentación del mercado digital también afecta seriamente al comercio electrónico transfronterizo de tal manera que estudios recientes muestran que apenas una de cada diez transacciones de comercio electrónico tiene carácter transfronterizo, así el 92% de las personas que hacen un pedido de bienes o servicios por Internet lo hacen dentro de sus fronteras y a menudo les resulta más fácil una transacción con una empresa estadounidense que con una de otro país europeo.



**FIGURA 17** TRANSACCIONES DE COMERCIO ELECTRÓNICO TRANSFRONTERIZO EN EL SENO DE LA UE

Otro dato a resaltar es que motivos de orden técnico o jurídico, tales como el rechazo de las tarjetas de crédito no nacionales, hacen que fracase hasta un 60 % de los intentos transfronterizos de compra por internet.

---

– *Falta de Interoperabilidad*

A pesar de la existencia, a nivel europeo, del llamado Libro Blanco para “Modernizar la normalización de las TIC en la UE” publicado el 3 de julio de 2009 por la Comisión Europea [9] con el objeto de establecer unas normas claras relativas a las TIC y adaptar la legislación al contexto de un sector industrial clave que evoluciona de manera muy rápida y compleja, Europa no obtiene aún el máximo beneficio de la interoperabilidad.

Los puntos débiles en materia de fijación de normas, contratación pública y coordinación entre autoridades públicas impiden que los servicios y dispositivos digitales que utilizan los europeos trabajen conjuntamente todo lo bien que debieran. Para beneficiarse plenamente del despliegue de las TIC, es preciso potenciar aún más la interoperabilidad entre dispositivos, aplicaciones, repositorios de datos, servicios y redes.

Entre otros muchos, uno de los objetivos a conseguir a corto o medio plazo en la Unión Europea gracias al avance hacia unos sistemas TIC completamente interoperables, consistiría en conseguir ahondar en el uso de las TIC en la legislación y la contratación pública. Es éste uno de los objetivos planteados más ambiciosos que no será posible si no se consigue avanzar en este ámbito.

– *Incremento de la delincuencia online y poca confianza en la seguridad de las redes*

Otro problema importante, no sólo a nivel europeo sino a nivel mundial, es el aumento en los últimos tiempos de nuevas formas de delincuencia (la “*ciberdelincuencia*”) que van desde la explotación infantil al robo de la identidad y los “*ciberataques*”. Es evidente que los consumidores europeos no van a desarrollar actividades en línea de manera generalizada mientras que no estén convencidos de la seguridad que les proporciona las redes de telecomunicaciones a través de las que se desarrollan estas actividades.

La Unión Europea está, en esta línea, tratando de elaborar mecanismos de respuesta que hagan que las nuevas tecnologías sean plenamente fiables de tal manera que se incentive la implementación de nuevos servicios en línea más innovadores y avanzados tales como los bancarios o de asistencia sanitaria.

Por otro lado, las bases de datos con información personal de usuarios y las nuevas tecnologías que permiten el control a distancia de las personas han generado nuevas inquietudes respecto al derecho fundamental de los europeos a la protección de sus datos personales y de su intimidad, especialmente debido a la proliferación de los llamados “*ciberataques*”. Internet se ha convertido en una infraestructura de información tan esencial para las personas y para la economía europea en general que es imprescindible que las redes y sistemas informáticos sean resistentes y seguros ante este nuevo tipo de amenazas.

En este sentido, la Unión Europea se enfrenta a una nueva y amplia gama de amenazas cambiantes sobre las redes y los terminales de los usuarios finales. Como ejemplo tenemos ciertos estudios (“*European Network and Information Society Agency spam survey 2009*”) que sugieren que los mensajes no deseados constituyen del orden del 80 % y el 98 % de todos los mensajes que circulan, lo cual supone un grave riesgo de congestión en el tráfico

de mensajes electrónicos en internet y además podrían contribuir a propagar una amplia gama de virus y programas dañinos.

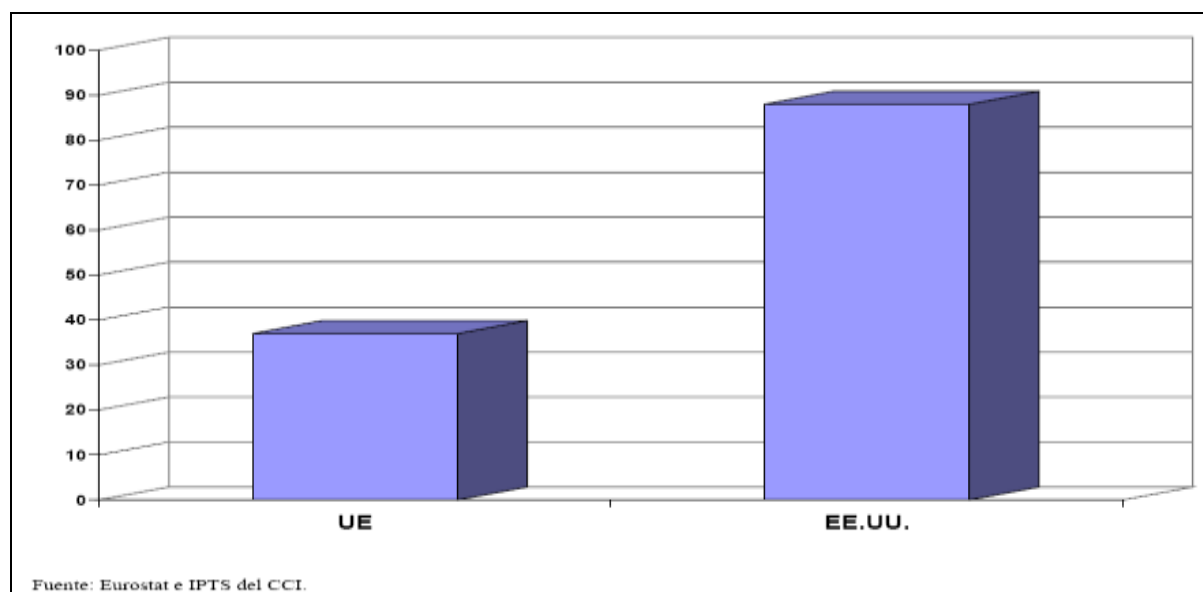
Adicionalmente, como hemos comentado, la Unión Europea también debe trabajar en fomentar la protección de los datos de carácter personal en la Red. En los últimos tiempos se han intensificado los robos de identidad y los fraudes en línea. Los ataques se hacen cada vez más sofisticados (troyanos, botnets, etc.) y a menudo persiguen objetivos financieros o políticos por todo esto la normativa europea debe saber adaptarse de manera rápida y eficaz para atajar de manera radical estas amenazas fomentando así la confianza de los consumidores.

– *Falta de inversión en investigación e innovación*

En un mundo y una economía globales y con una importancia creciente del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el desarrollo de los países supone un grave riesgo de crecimiento el que una potencia económica como la Unión Europea siga invirtiendo poco en investigación e innovación.

Sin embargo, esa es la situación actual. Europa sigue invirtiendo relativamente poco en este sector, lo que hace que se pierdan oportunidades de desarrollo de productos realmente innovadores aprovechando el talento de los investigadores y de las *PYMEs* que desarrollan su actividad en el sector de las TIC. En este sentido la Unión Europea está tratando, entre otras medidas, de generar incentivos que fomenten más inversión privada en este sector.

Para plasmar este problema podemos realizar una comparación con los principales socios comerciales de la Unión Europea, tales como los Estados Unidos. En este sentido, la I+D sobre TIC en Europa no solo representa una proporción mucho menor del gasto total en I+D (17 % frente a 29 %), sino que, en términos absolutos, supone alrededor del 40 % del gasto de Estados Unidos (37.000 frente a 88.000 millones de euros en 2007).



**FIGURA 18** GASTO TOTAL EN I+D SOBRE TIC EN MILES DE MILLONES DE EUROS (2007)

Dado que las TIC representan una proporción significativa del valor añadido total en puntales de la industria europea tales como el automóvil (25 %), los electrodomésticos (41 %) o la sanidad y medicina (33 %), la falta de inversiones en I+D sobre TIC constituye una amenaza para el conjunto de los sectores europeos de fabricación y servicios.

Según análisis de la Unión Europea, el déficit de inversiones guarda relación con tres problemas fundamentales:

- 1.– Esfuerzo público en I+D débil y disperso; p. ej., el sector público de la UE gasta menos de 5.500 millones de euros al año en I+D sobre TIC, muy por debajo de los niveles de las economías competidoras.
  - 2.– Fragmentación del mercado y dispersión de los medios financieros que limitan el crecimiento y el desarrollo de las empresas innovadoras en TIC, y en particular de las PYME.
  - 3.– Europa absorbe con lentitud las innovaciones basadas en las TIC, en particular en los ámbitos de interés público. Mientras que los retos sociales constituyen motores importantes de la innovación, Europa utiliza poco las compras públicas de innovación y de I+D para mejorar la calidad y el rendimiento de su servicios públicos.
- *Falta de cualificación y capacitación digitales y poca utilización de las TIC para afrontar los retos sociales presentes y futuros*

Europa padece una creciente penuria de cualificación profesional en las TIC y un déficit en la alfabetización digital. Estas carencias están excluyendo a muchos ciudadanos de la sociedad y la economía digitales y limitando el gran efecto multiplicador que puede tener la adopción de las TIC sobre el aumento de la productividad. Se precisa una reacción coordinada, centrada en los Estados miembros y en otras partes interesadas.

Por otro lado, si se aprovechara plenamente el potencial de las TIC, Europa podría hacer frente con mucha más eficacia a algunos los retos sociales más agudos: el cambio climático y otras presiones sobre nuestro medio ambiente, el envejecimiento de la población y los costes sanitarios crecientes, el desarrollo de unos servicios públicos más eficientes y la integración de las personas con discapacidad, la digitalización del patrimonio cultural de Europa y su puesta a disposición de las generaciones presentes y futuras, etc.

Resulta imprescindible, por tanto, que la Unión Europea preste especial atención a estos dos aspectos ya que avanzamos sin remedio y de manera creciente hacia un mundo digital y parte del crecimiento presente y futuro de los Estados Miembros y de la economía Europea en su conjunto dependerá de la eficiente y rápida adaptación a esta nueva realidad.



---

– *Poca inversión en redes*

Este es el problema más importante al que se enfrenta la Unión Europea, y es el más importante porque unas buenas infraestructuras de telecomunicaciones constituirán las arterias de la economía del futuro y el vehículo que posibilite el desarrollo de servicios innovadores. Para llegar a ese punto la Unión Europea se propone, como veremos más adelante, establecer una serie de medidas que garanticen el despliegue y la adopción de la banda ancha para todos, a velocidades crecientes, a través de tecnologías tanto fijas como inalámbricas, así como para facilitar la inversión en las nuevas redes ultrarrápidas de internet abiertas y competitivas.

Por un lado, estas medidas irán enfocadas a crear los incentivos correctos para fomentar la inversión privada, realizando también inversiones públicas con objetivos muy concretos y cuidadosamente seleccionados y por otro lado, a nivel normativo, se tratará de evitar la aparición de monopolios de red mediante normativa desarrollada a tal efecto y mejorando, de igual manera, la atribución del espectro.

Algunos de los problemas a solucionar serían los siguientes:

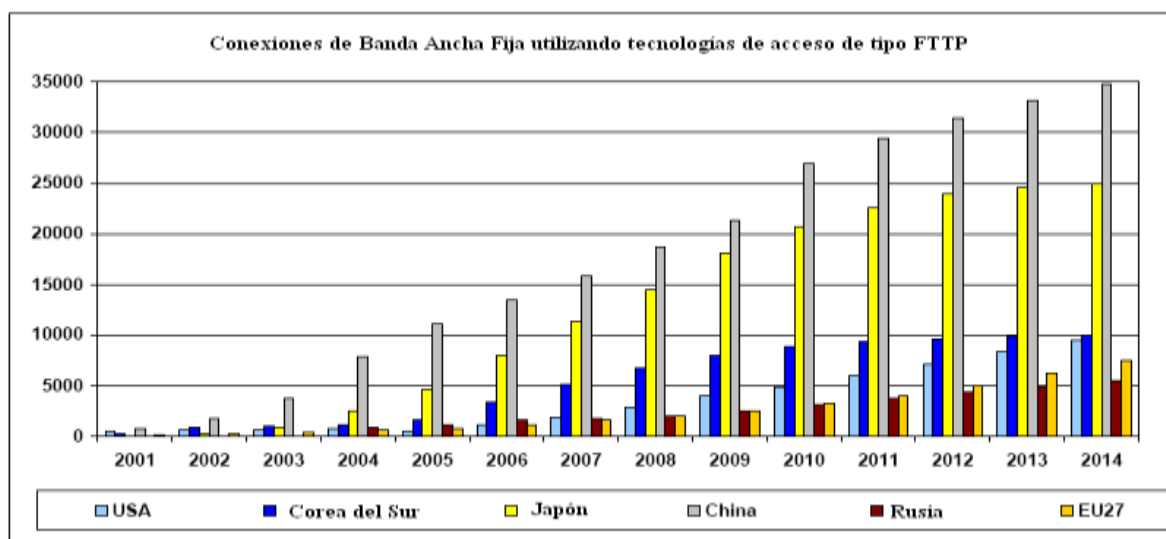
1.- Desaceleración en la penetración de la Banda Ancha Fija

Como vimos en el apartado anterior, la Unión Europea se enfrenta al reto de relanzar la penetración de la Banda Ancha Fija que ha sufrido una clara desaceleración en los últimos tiempos, de tal manera que todos los Estados Miembros se aproximen al considerado como nivel de saturación que rondaría, como comentamos anteriormente, una penetración del 40% en contraposición al 27.2% actual.

A este reto se le suman dificultades añadidas como la influencia de la situación de crisis actual en los hábitos de consumo y de gasto de los hogares europeos en estos momentos así como el hecho de que dentro del seno de la Unión Europea la situación, en este campo, sea tan diversa contando con países a la cabeza, a nivel mundial, en cuanto a penetración de Banda Ancha Fija mientras que otros países cuentan con una penetración inferior al 20%.

2.- Escaso despliegue de la tecnología FTTH (del inglés *Fiber To The Home*, fibra hasta el hogar)

Especialmente preocupante resulta el escaso despliegue de FTTH existente actualmente de media en el seno de la Unión Europea. La cuota de mercado de esta tecnología, como vimos, respecto del conjunto supone escasamente un 2% a una gran distancia de países como Japón o Corea. A este mal dato se le añade el hecho de que ciertos estudios, tales como el llevado a cabo por la empresa inglesa *Screen Digest* [1], pronostican que esta tendencia no se va a ver modificada de manera sustancial con el devenir de los próximos años.



Fuente: Screen Digest

FIGURA 19 CONEXIONES DE BANDA ANCHA FIJA FTTP EN EL MUNDO, PREVISIÓN DE FUTURO

### 3.- Terminar con la brecha digital

A pesar de que la llamada *brecha digital* se ha visto reducida en los últimos años siguen existiendo desigualdades en el seno de la Unión Europea en cuanto a la cobertura de las zonas rurales se refiere.

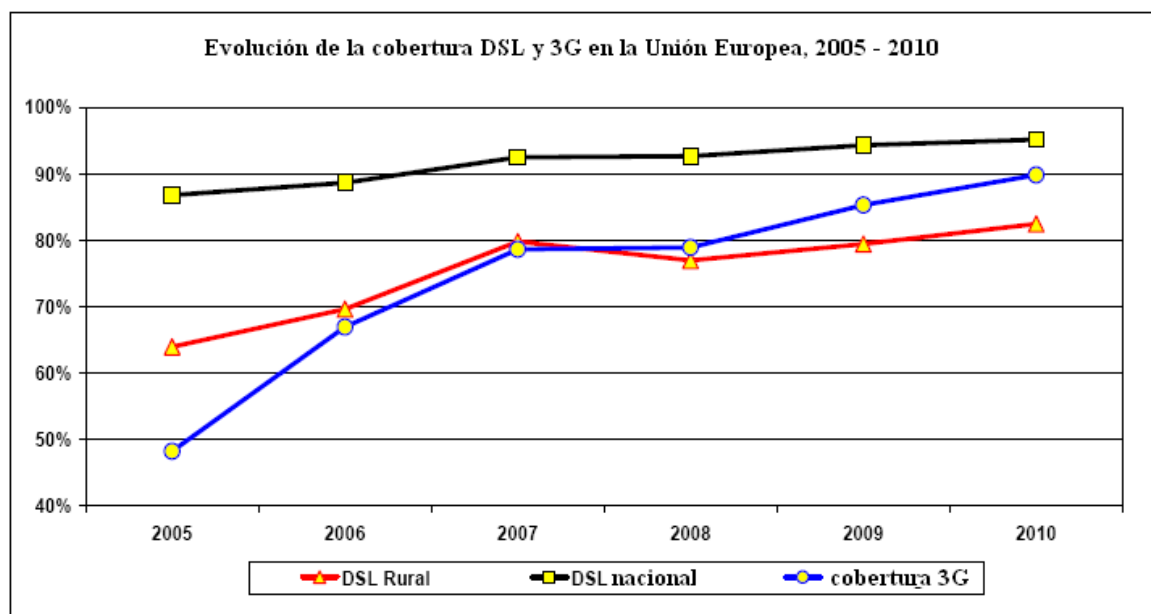
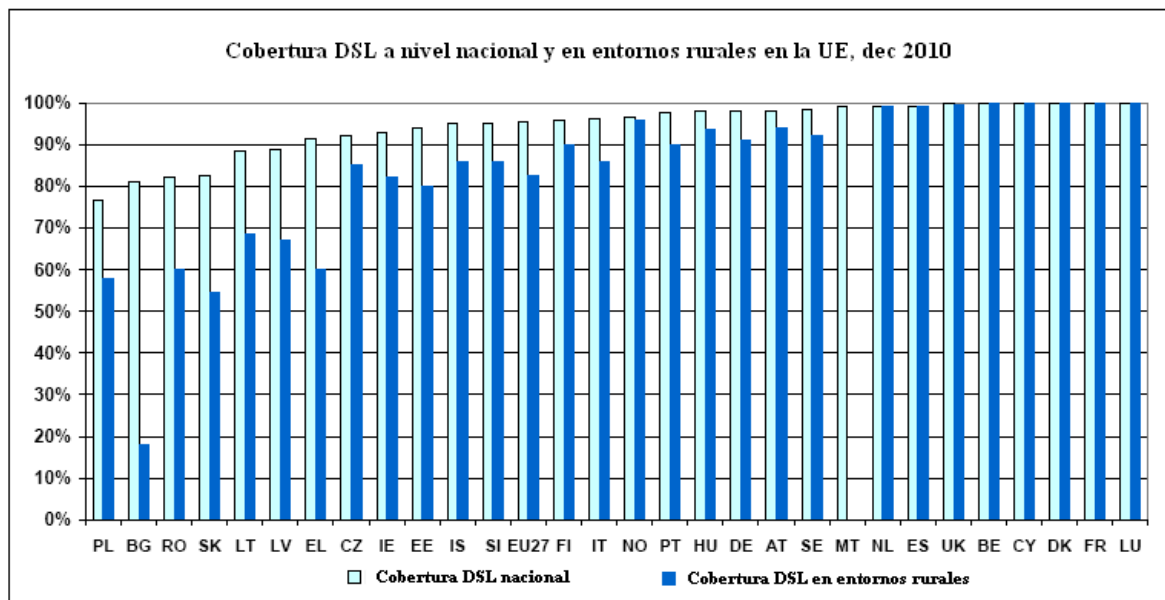


FIGURA 20 COBERTURA DSL Y 3G EN LA UE, EVOLUCIÓN 2005 - 2010



Así, como podemos ver en la gráfica siguiente, esta brecha digital sigue siendo un problema importante en países como Bulgaria en los que la cobertura DSL en áreas rurales no llega ni al 20% frente a otros Estados Miembros tales como Luxemburgo, Francia o Dinamarca en los que la brecha digital prácticamente ha dejado de ser un problema.



**FIGURA 21** COBERTURA DSL A NIVEL NACIONAL Y EN ENTORNOS RURALES EN LA UE, DEC. 2010

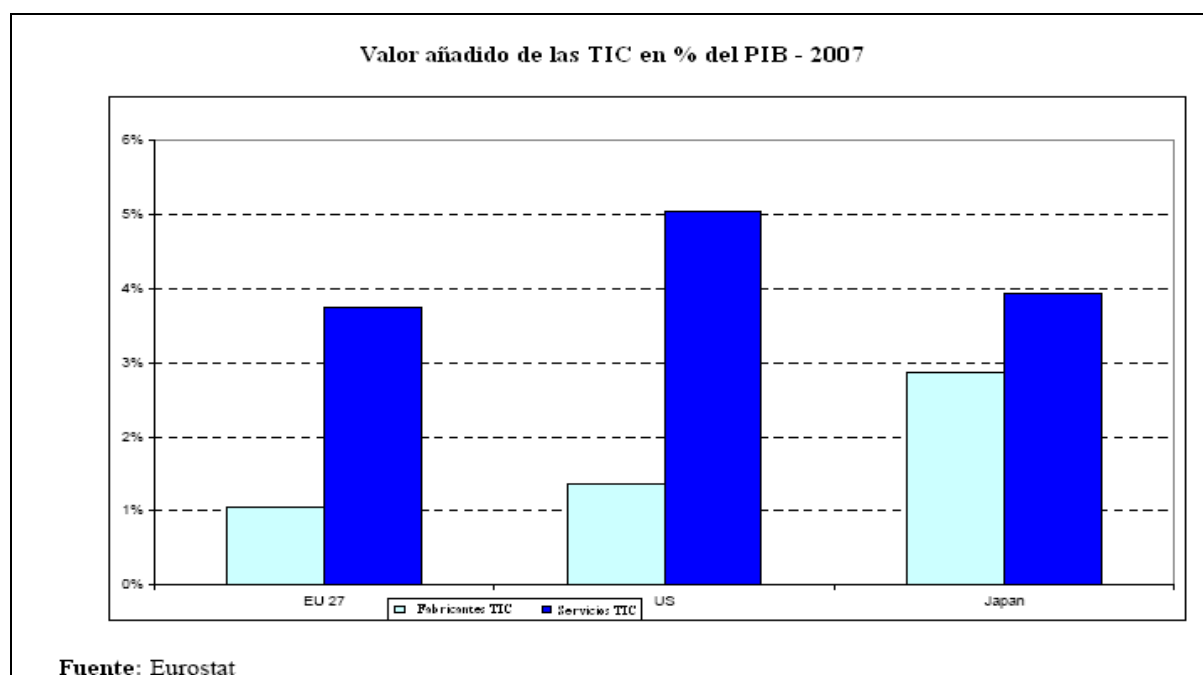
Pero no sólo sigue existiendo una profunda brecha digital a nivel geográfico sino también a nivel socioeconómico. Concretamente, son las personas mayores, las menos instruidas y las que reciben bajos ingresos las que utilizan Internet con menos frecuencia y tienen destrezas menores. A pesar de ello, en relación a este aspecto, la UE admite bien la comparación con socios industriales como Estados Unidos, aunque en ese país esté más extendido el uso de la red entre los mayores (la proporción de personas mayores de 55 años que no han utilizado nunca Internet se eleva al 46 % en Estados Unidos, frente al 59 % de la Unión) [3]. Desde el punto de vista de los grupos socioeconómicos, sin embargo, la brecha digital es menos marcada en Corea y Japón que en la UE.

Luego otro ámbito de actuación importante de la Unión Europea será trabajar en el sentido de fomentar la erradicación de la brecha digital en todos y cada uno de los Países Miembros como parte de su estrategia de recuperación económica y de crecimiento inteligente, sostenible y, en lo que guarda relación con este tema, incluyente.

## 2.3 CONTEXTO ECONÓMICO ACTUAL Y BENEFICIOS DE UN MERCADO ÚNICO DIGITAL DE BANDA ANCHA

En los apartados anteriores hemos visto la situación actual de la Banda Ancha en la Unión Europea y los problemas o limitaciones más importantes a los que la Unión Europea se enfrenta en materia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. La razón por la que la Unión Europea se ha planteado el análisis minucioso de la situación actual en esta materia y, como veremos en el próximo capítulo, la definición y puesta en marcha de una ambiciosa estrategia para solventar los problemas existentes se debe, en gran medida, a que recientes estudios llevados a cabo por la Comisión Europea sobre el tema de la competitividad digital indican [10] que este sector está ganando fuerza día a día alcanzando otros sectores de la economía y todos los ámbitos de la vida de los europeos.

Según estos estudios, el sector de las TIC ha aportado la mitad del incremento de la productividad que ha conseguido Europa en el curso de los últimos quince años gracias a los avances tecnológicos y a las inversiones en el sector. La industria de las TIC representa en estos momentos alrededor del 5% del PIB de la Unión Europea y el sector manufacturero de esta industria es responsable de un cuarto del total de inversión en investigación y desarrollo. El sector de las TIC se ha convertido, por tanto, en uno de los motores básicos de la economía europea.



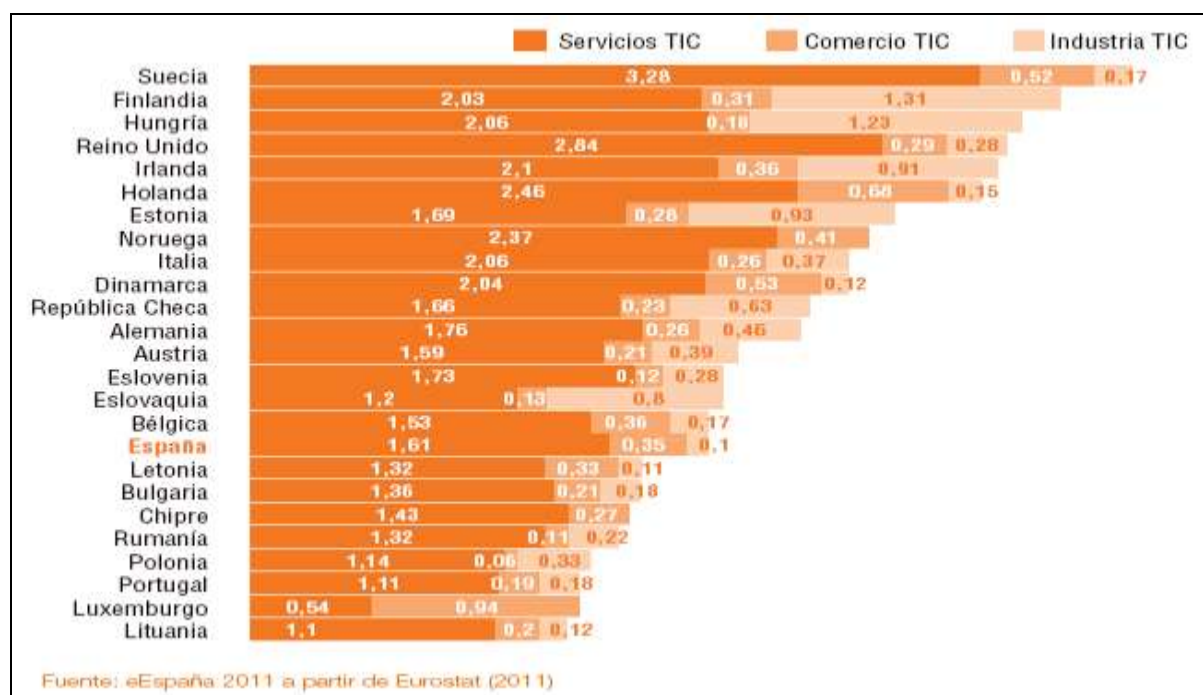
**FIGURA 22** APORTACIÓN DE LAS TIC AL PIB DE LA UNIÓN EUROPEA EN %, ÚLTIMOS DATOS DEL EUROSTAT DE 2007

Como se puede ver en la gráfica anterior, el valor añadido del sector de las TIC en la economía europea se sitúa en torno al 4,8 % del PIB, lo que suponen unos 600.000 millones de euros. El sector, además, como hemos comentado anteriormente representa el 25 % de la inversión comercial total en I+D que se registra en la Unión. Sin embargo, los beneficios que

se obtienen del sector son aún mayores en Estados Unidos (6.4 %) y Japón (6.8%) lo que indica que Europa necesita de reformas estructurales que desencadenen efectos similares a los obtenidos en estas otras dos regiones del mundo.

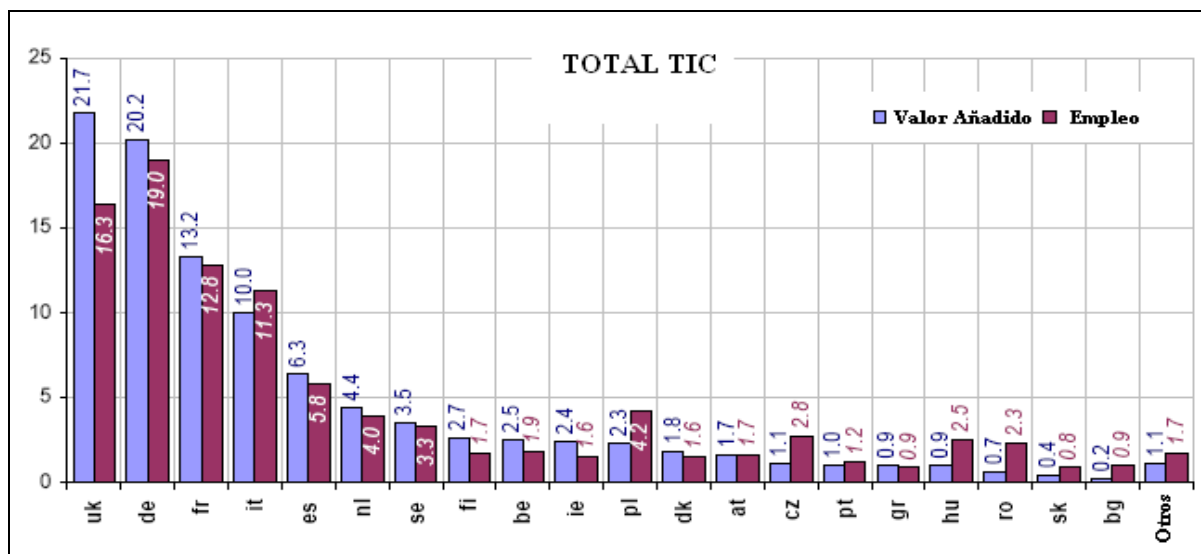
Respecto a la gráfica anterior también comentar que la Industria de las TIC se puede subdividir en dos sectores: el sector de fabricantes de TIC y el sector de servicios relacionados con las TIC. En este sentido comentar que el valor añadido proveniente del sector manufacturero en la Unión Europea supone sólo el 1% del PIB mientras que países como Japón (2.9%) muestran una mayor especialización en este sentido y otros, como Estados Unidos, una mayor especialización en servicios de TIC (5% frente al 3.8% de la Unión Europea). Cabe añadir que es en la zona asiática especialmente en la que se vienen registrando niveles de especialización en cuanto a fabricación de TIC incluso superiores a los alcanzados en Japón (como por ejemplo en Corea del Sur o China).

No sólo resulta importante este sector en cuanto a lo que su aportación al PIB global de la Unión Europea se refiere si no que también resulta un sector estratégico en cuanto a su aportación a la creación de empleo en el seno de la Unión. Así el sector de las TIC se encuentra entre los sectores líderes en Europa en cuanto a su aportación al crecimiento de la economía de la eurozona generando, según los últimos datos de la Comisión Europea, alrededor de un 3% del total del empleo generado en la Unión Europea [12].



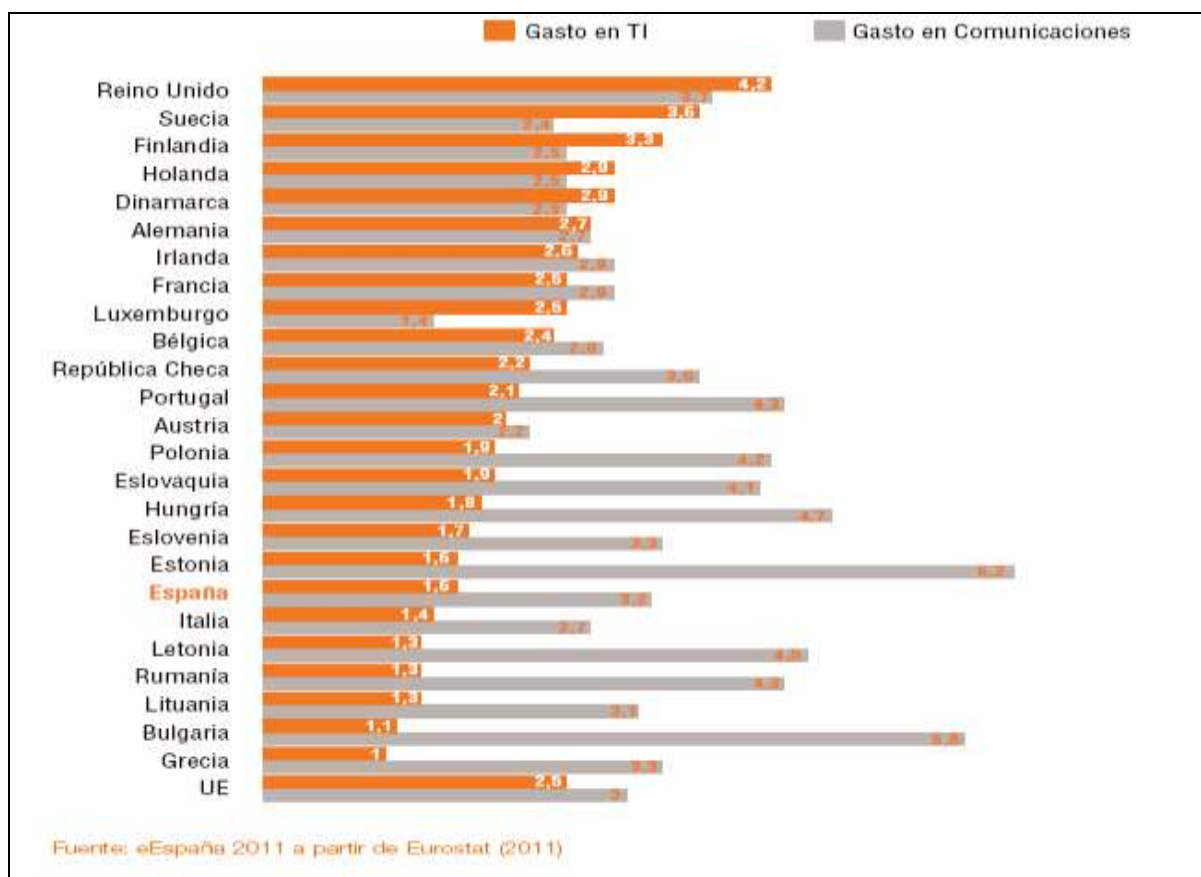
**FIGURA 23** PORCENTAJE DE EMPLEADOS DEL SECTOR TIC SOBRE EL TOTAL DE LA POBLACIÓN ACTIVA, UE 2008

Si analizamos la distribución del empleo en el sector de las TIC a nivel europeo se puede ver que las cinco mayores economías de la Unión Europea (Alemania, Reino Unido, Francia, Italia y España) acumulan del orden de dos tercios del total de empleo generado en este sector en la Unión Europea así como el 70% del valor añadido total, debido al mismo, dentro de la Unión Europea. En cabeza en cuanto a valor añadido, desde hace años, se encuentra Reino Unido, mientras que Alemania lidera la generación de empleo en el sector.



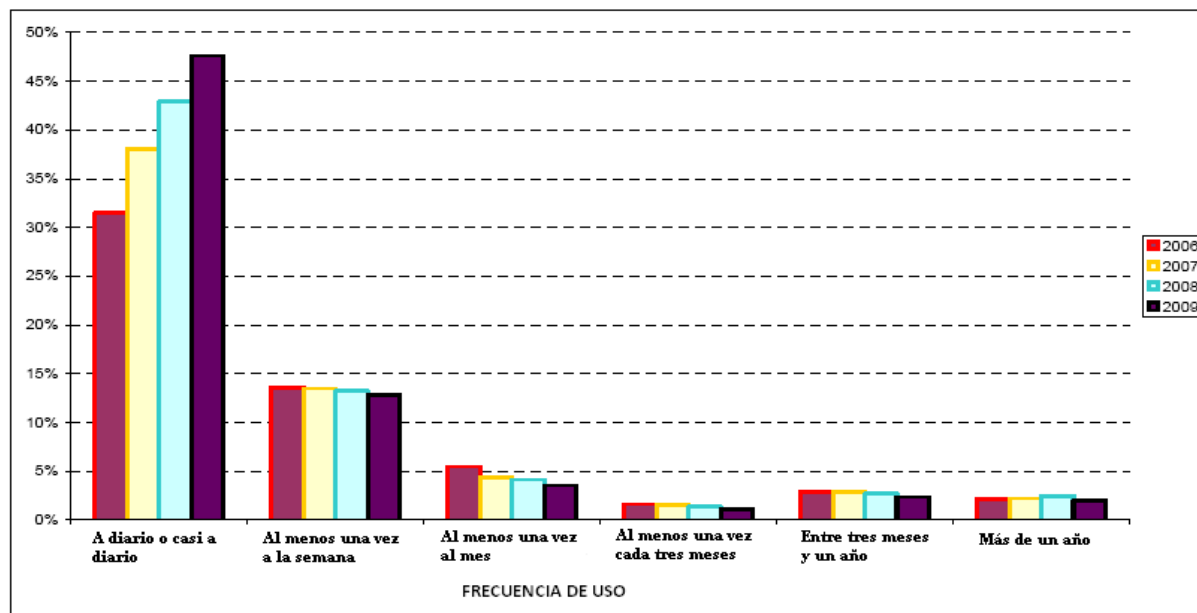
**FIGURA 24** VALOR AÑADIDO Y CREACIÓN DE EMPLEO DENTRO DEL SECTOR TIC – EN LA UE POR PAÍS (2011)

Otro indicador que se suele analizar para determinar la importancia de un sector concreto en la economía de un país es el peso del gasto, en este caso en tecnologías de la información y las comunicaciones, sobre el PIB. En términos globales, el gasto en media de la Unión Europea en tecnologías de la información asciende al 2.5% mientras que el gasto en comunicaciones se elevaría hasta el 3% del PIB. Lo que nos indica claramente el importante peso de este sector en la economía europea.



**FIGURA 25** GASTO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y EN COMUNICACIONES–EN LA UE POR PAÍS (2011)

Como dato relevante comentar que estudios recientes [11] indican que alrededor del 60 % de la población europea utiliza regularmente Internet, y el 48 % de forma diaria. Estos niveles son comparables a los de Estados Unidos, donde el 56 % de la población utiliza la red diariamente y el 65 % lo ha hecho en los últimos tres meses.



**FIGURA 26** FRECUENCIA DE USO DE INTERNET POR LA POBLACIÓN EUROPEA (2006-2009)

Como hemos podido observar, el sector de las TIC resulta de enorme importancia como motor básico de la economía europea. No es de extrañar, por tanto, que la Comisión Europea se fijara en él como uno de los pilares básicos de la Estrategia *Europa 2020* [7]. Este plan estratégico fue presentado en marzo de 2010 como respuesta a la grave crisis económica y financiera que viene afectando al conjunto de la Unión Europea y al resto de economías mundiales desde hace varios años. Así, el objetivo de la estrategia Europa 2020 consistiría en establecer una serie de acciones concretas en diversos ámbitos de la economía para conseguir salir de esta crisis con una Europa reforzada preparando la economía de la eurozona de cara a la próxima década sobre la base de un crecimiento inteligente (impulsando el conocimiento, la innovación, la educación y la sociedad digital), sostenible (fomentando una producción más eficiente en cuanto a los recursos a la vez que impulsando nuestra competitividad) e integrador (aumentando la participación en el mercado de trabajo, la adquisición de cualificaciones y la lucha contra la pobreza).

Como objetivos concretos, la estrategia Europa 2020 fija cinco que definen lo que la UE deberá conseguir en 2020. Adicionalmente fija también los criterios de referencia para medir los progresos realizados. Estos objetivos a lograr serían los siguientes:

- el 75% de la población de 20 a 64 años de edad deberá tener empleo (frente al 69% actual)
- el 3% del PIB de la UE deberá invertirse en I+D
- se alcanzarán los objetivos “20/20/20” en el ámbito del clima/la energía (reducción de un 20% de las emisiones de gas de efecto invernadero en relación a los niveles de

- 1990, incremento en un 20% en la cuota de consumo energético proveniente de energías renovables e incremento del 20% en cuanto a eficiencia energética)
- la tasa de abandono escolar deberá ser inferior al 10% (frente al 15% actual en media en la Unión Europea) y por lo menos el 40% (frente al 31% actual) de los jóvenes deberá tener una cualificación o un diploma
  - habrá 20 millones de personas menos expuestas al riesgo de la pobreza (lo que supondrá una reducción del 25% con respecto a los niveles de pobreza actuales).

Para lograr estos ambiciosos objetivos la Comisión Europea propuso, dentro de la estrategia Europa 2020, una agenda consistente en una serie de grandes iniciativas recayendo la responsabilidad de llevar a cabo cada una de ellas no sólo sobre las organizaciones a nivel comunitario, sino también sobre los Estados miembros, las autoridades locales y también las regionales.

Siete fueron las iniciativas recogidas en esta agenda Europa 2020 de las que la llamada “Agenda digital para Europa” [6], objetivo de estudio del presente Trabajo, representa uno de sus proyectos insignia. En esta Agenda Digital, como veremos en detalle en el siguiente capítulo, se recogerán una serie de medidas concretas con el objeto de solventar los problemas analizados en este mismo capítulo, es decir, con el objetivo de que Europa aproveche plenamente los beneficios potenciales de la economía digital, de tal forma que Europa acelere su ritmo para ofrecer una banda ancha más rápida, aumente la confianza de los ciudadanos en Internet, mejore las capacidades de éstos e impulse una mayor innovación en el campo de las TIC.

Aunque veremos en detalle en qué consisten estas medidas en el siguiente capítulo adelantar aquí, a modo de introducción, que el objetivo global más ambicioso que plantea dicha Agenda es el de conseguir *“una internet muy rápida para que la economía crezca vigorosamente y genere puestos de trabajo y prosperidad, así como para garantizar que los ciudadanos puedan acceder a los contenidos y servicios que desean”* [6]. Las razones para dar tanta importancia a Internet y al despliegue de infraestructuras que permitan cada vez mayor ancho de banda lo entendemos ahora a la vista de los análisis del sector llevados a cabo a lo largo del presente capítulo. El futuro, por tanto, de la economía se prevé basado en el conocimiento y asentado sobre redes de telecomunicaciones cuyo centro será Internet, de ahí la necesidad de avanzar hacia accesos rápidos y ultrarrápidos generalizados y a un precio más competitivo.

Como ya hemos comentado, fue a raíz de la formulación de la estrategia Europa 2020 a partir de la cual se subrayó la importancia del despliegue de la banda ancha como uno de los pilares sobre los que fomentar la inclusión social y la competitividad en la UE. En este documento es en el que aparecen definidos y concretados los objetivos y plazos globales a alcanzar a través de la Agenda Digital Europea, siendo éstos dos principalmente:

- 1.- banda ancha básica a disposición de todos los europeos a más tardar en 2013.
- 2.- todos los europeos deberán contar con un acceso a internet a velocidades muy por encima de las actuales, en concreto para 2020 el 100% de los europeos contarán con velocidades superiores a los 30 Mbps, y además el 50% o más de los hogares europeos estarán abonados a conexiones de internet por encima de los 100 Mbps.



En capítulos sucesivos veremos que la consecución de estas mayores velocidades exigirá el paso a las redes de acceso de nueva generación. En el desarrollo de éstas, sin embargo, la UE acusa un considerable retraso, como hemos visto a lo largo de este capítulo, respecto de Corea y Japón. La migración a una capacidad de banda ancha superior constituirá, por tanto, el mayor reto estructural para el conjunto del sector de las telecomunicaciones para la consecución de los objetivos de la Agenda Digital Europea en los plazos marcados.

Por otro lado, hemos visto que el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones juega un papel muy importante en el crecimiento de la economía europea, adicionalmente y sobre la base de esta migración a redes de acceso de nueva generación, Internet puede permitir igualmente servir para fortalecer el mercado único europeo. Cuando analizamos los problemas del sector a nivel europeo ya vimos que Europa realmente carece, a día de hoy, de un auténtico mercado único digital, que es, sin embargo, esencial para impulsar el crecimiento de las pequeñas y medianas empresas europeas y para poder ofrecer a los consumidores una más amplia gama de productos a precios competitivos. Luego, en términos generales, la Agenda Digital se centrará en las tecnologías y servicios en línea del siglo XXI que permitirán a Europa impulsar la creación de empleo, promover la prosperidad económica y mejorar de diversas maneras la vida cotidiana de los ciudadanos y las empresas de la UE.

Los beneficios de un mercado único digital dinámico y de un acceso a internet de alta velocidad alcanzados gracias a la aplicación de las medidas recogidas en la Agenda Digital de cara a los consumidores europeos es evidente. Partiendo de la base de que el mundo digital debería estar al alcance de todos son demasiadas las personas que por el momento, sin embargo, en Europa, se encuentran atascadas en el carril lento de internet porque el mercado único está infra-desarrollado, no tienen la confianza necesaria para ponerse en línea o incluso carecen de acceso a una conexión a internet de alta velocidad.

Los consumidores siguen sin poder beneficiarse plenamente de los precios competitivos y la amplia gama de opciones disponibles en un mercado único digital europeo. A menudo es más fácil, como hemos visto, comprar algo en línea a una empresa de Estados Unidos que a otra basada en un país distinto de la UE. De la misma manera, los consumidores pueden comprar un CD en cualquier tienda de música europea, pero a menudo no pueden descargar legalmente música en línea procedente de otros países de la UE, porque los derechos se conceden país por país. Hemos visto que como consecuencia de esta fragmentación el número de descargas musicales legales es cuatro veces superior en Estados Unidos que en la UE. A ello contribuye también el hecho de que solo un 12 % de los usuarios de internet en la UE se sientan completamente seguros cuando efectúan transacciones en línea.

Por otro lado, en lo que se refiere a las redes móviles de telecomunicaciones, pese a las medidas de la UE en materia de itinerancia, el precio más elevado de los servicios de telefonía móvil en itinerancia comparado con el de los mismos servicios en el propio Estado miembro sigue disuadiendo de usarlos a los consumidores, en especial en el caso de la itinerancia de datos.

La Agenda Digital europea, como veremos en el siguiente capítulo, hará frente a todos los problemas que hemos ido analizando para que todo el mundo tenga acceso a todas las ventajas potenciales de la sociedad digital siendo el objetivo central el garantizar un acceso más rápido a internet, capaz de ayudar a los ciudadanos a comprar, crear, aprender, socializarse e interactuar en línea, lo que resulta también esencial para el crecimiento de la economía. El propósito de la Agenda Digital europea es, como dijimos anteriormente, que las conexiones a internet de todos los europeos sean de 30 Mbps o mejores de aquí a 2020, estando abonados la mitad de los hogares europeos a conexiones de 100 Mbps o más.

Veremos, además, que la Agenda Digital tratará de fomentar asimismo la coordinación de la gestión del espectro radioeléctrico en la UE a fin de impulsar el crecimiento de los servicios inalámbricos de banda ancha innovadores. Establecerá una normativa clara para fomentar la inversión en redes de nueva generación abiertas y competitivas, y ayudará a las autoridades públicas a desplegar nuevas infraestructuras de banda ancha en los lugares en que la geografía o el número limitado de clientes potenciales hagan difícil que el mercado o la inversión privada ofrezcan por sí solos una internet de alta velocidad (como por ejemplo en zonas rurales).

La Comisión tiene intención, igualmente, de adoptar nuevas medidas con el objetivo de, por ejemplo, garantizar que la diferencia entre los precios de la itinerancia y los nacionales se aproxime a cero para 2015 y, adicionalmente, la Agenda Digital propondrá soluciones con respecto al resto de problemas analizados en el apartado anterior, como por ejemplo para el acceso paneuropeo a los contenidos legales en línea, simplificando la autorización de derechos de autor, su gestión y la concesión de licencias transfronterizas. También, para fomentar las compras transfronterizas en línea, fomentará la adaptación de medidas para facilitar los pagos y la facturación electrónicos en cualquier lugar de Europa y se reforzará la normativa de la UE sobre protección de los datos personales para reforzar la confianza de las personas en el uso de internet garantizando, entre otras cosas, una respuesta europea mejor coordinada ante los ciberataques, el robo de la identidad y el correo no solicitado.

Veamos con más detalle cuales son las medidas presentadas en la Agenda Digital Europea para solventar cada uno de estos problemas y los plazos propuestos para su consecución.



### 3. LA AGENDA DIGITAL EUROPEA

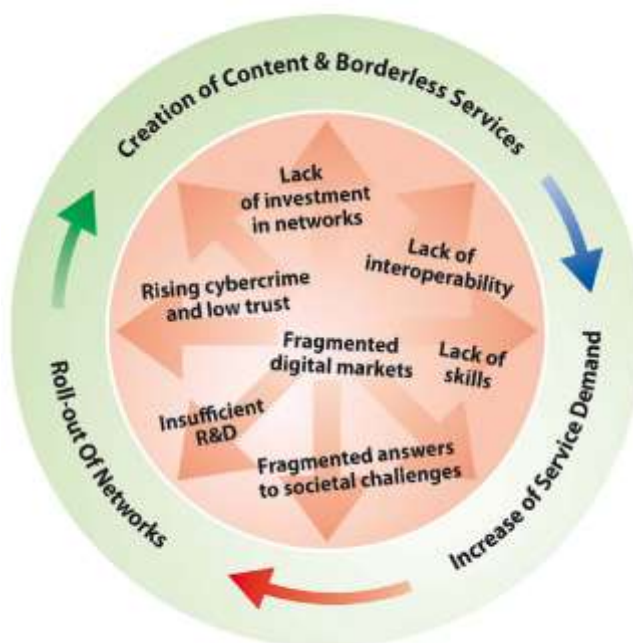
Como se recoge en la propia Agenda y como ya adelantamos en el capítulo anterior, la finalidad genérica de la Agenda Digital *es obtener los beneficios económicos y sociales sostenibles que pueden derivar de un mercado único digital basado en una internet rápida y ultrarrápida y en unas aplicaciones interoperables*.

Como uno de los pilares fundamentales de la estrategia Europa 2020, la Agenda se centrará en medidas encaminadas a maximizar el potencial económico y social de las TIC, y más particularmente de Internet como soporte esencial de la actividad económica y social (ya sea para hacer negocios, o para trabajar, jugar, comunicarse y expresarse en libertad) con el fin de ayudar a salir de la crisis económica y financiera en la que nos encontramos aún inmersos. Si esto se consigue, la Comisión vaticina que la Agenda fomentará la innovación, el crecimiento económico y la mejora de la vida cotidiana tanto para los ciudadanos como para las empresas permitiendo a Europa afrontar los retos esenciales que tiene planteados y proporcionando a los europeos una mejor calidad de vida en términos de una mejor atención sanitaria, unas soluciones de transporte más seguras y eficientes, un medio ambiente más limpio, nuevas oportunidades en materia de medios de comunicación y un acceso más fácil a los servicios públicos y a los contenidos culturales.

Vimos en el capítulo dos que el sector de las TIC es directamente responsable de cerca del 5 % del PIB europeo, pero se calcula que contribuye mucho más al crecimiento de la productividad general debido, fundamentalmente, al elevado grado de dinamismo e innovación asociada al sector y a su capacidad para transformar el modo de funcionamiento de otros sectores. Al mismo tiempo, cada día resulta más evidente la repercusión social de las TIC lo que queda claramente demostrado con una simple estadística: según hemos visto, un 48% de la población europea usa diariamente Internet lo que supone más de 250 millones de personas sólo en Europa, a este dato se le puede añadir el que la práctica totalidad de los europeos disponga de teléfono móvil, lo cual indica claramente cómo este sector ha cambiado el día a día de cada uno de nosotros.

Resulta evidente la trascendencia del momento actual y la importancia que la Comisión Europea está dando a la consecución de los objetivos marcados en esta Agenda, tanto es así que se ha llegado a comparar el impacto que el desarrollo de las redes de alta velocidad tiene hoy día con el impacto revolucionario que tuvo hace un siglo el desarrollo de las redes eléctricas y de transporte. Además la previsión de cara a 2020, momento en el que se deberían haber alcanzado los objetivos presentes en esta Agenda, es que los contenidos y las aplicaciones digitales sean entregados casi exclusivamente en línea de tal manera que los servicios hayan convergido pasando del mundo físico al digital haciéndolos accesibles universalmente desde cualquier dispositivo, sea un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador personal, una radio digital o un televisor de alta definición.

El planteamiento de la Comisión Europea de cara a poner en marcha el enorme potencial que vemos que tiene el sector de las TIC se basa en lo que la Comisión denomina el “ciclo virtuoso de actividad” [6] que básicamente plantea que se debe conseguir ofrecer contenidos y servicios atractivos en un entorno de internet interoperable y sin fronteras. Al ofrecer estos nuevos contenidos y servicios se crea en el consumidor europeo la necesidad de velocidades y capacidades más elevadas, lo que a su vez justifica la inversión en redes más rápidas. Este despliegue de redes más rápidas favorece, a su vez, la creación de más servicios innovadores capaces de explotar esas mayores velocidades, con lo que nos encontramos ante un círculo vicioso que se autoalimenta, el llamado “ciclo virtuoso de actividad” que aparece gráficamente representado en la Agenda de la manera que se muestra a continuación:



**FIGURA 27** CICLO VIRTUOSO DE ACTIVIDAD DEL SECTOR DE LAS TIC

Como vemos, el anillo exterior de la figura anterior representa el “ciclo virtuoso de actividad” que hemos comentado anteriormente, con el significado que ya hemos visto. En el centro, sin embargo, la Comisión plantea una serie de retos u obstáculos que pueden socavar gravemente los esfuerzos realizados para explotar las TIC, evidenciando la necesidad de una respuesta política global y unificada a nivel europeo. Estos obstáculos son los que ya analizamos en el capítulo anterior derivados de las consultas llevadas a cabo por la Comisión con las partes interesadas del sector de las TIC así como de la Declaración de Granada, es decir: fragmentación de los mercados digitales, falta de interoperabilidad, falta de inversión en investigación e innovación, incremento de la delincuencia online y poca confianza en la seguridad de las redes, falta de inversión en redes, falta de cualificación y capacitación digitales y poca utilización de las TIC para afrontar los retos sociales presentes y futuros.

Luego, para poner en marcha el ciclo anterior haciendo frente a estos obstáculos, la Agenda Digital Europea se va a estructurar en acciones clave, como veremos a continuación, centradas en abordar de manera sistemática cada uno de los anteriores aspectos problemáticos aunque, como es de suponer, la Comisión tiene previsto permanecer atenta a la aparición de obstáculos adicionales adaptando la presente Agenda, si fuera necesario, para hacer frente a los mismos.

Veamos de manera numérica y concreta cuales son los objetivos a cumplir acordados por todos Estados miembros en el marco de esta Agenda Europea y en qué plazos debería alcanzarse cada uno de ellos para, a continuación, describir de manera detallada las acciones clave contempladas en la Agenda de cara a alcanzar dichos objetivos.

### 3.1 OBJETIVOS Y PLAZOS DE APLICACIÓN

Para llevar un seguimiento de los avances de la Agenda Digital Europea la Comisión se encarga, entre otras medidas, de la publicación anual, en el mes de mayo, de un cuadro de indicadores en el que se hace constar por un lado una actualización de los progresos realizados en cada una de las acciones de la Agencia Digital (acciones que describiremos en detalle en el siguiente apartado) y por otro la evolución socioeconómica, a partir de indicadores clave en materia de rendimiento, escogidos para cada una de las políticas principales.

Estos indicadores proceden fundamentalmente del “Benchmarking framework 2011 2015” (marco de evaluación comparativa 2011-2015) [13] acordado por los Estados miembros de la UE en noviembre de 2009. Veamos cuales son los indicadores globales fijados como objetivo en cada uno de los ámbitos de actuación de la Agenda.

#### 1. Mercado único digital

Los indicadores, en este ámbito, marcados por los Estados miembros de cara a conseguir este objetivo son los siguientes:

- Promoción del comercio electrónico: un 50% de la población deberá efectuar compras en línea para 2015 (base de referencia: en 2009, un 37% de usuarios con edades comprendidas entre los 16 y los 74 años habían efectuado pedidos de bienes o servicios con carácter privado en los 12 meses anteriores).
- Comercio electrónico transfronterizo: un 20% de la población deberá efectuar compras transfronterizas en línea para 2015 (base de referencia: en 2009, un 8% de usuarios entre los 16 y los 74 años habían efectuado pedidos de bienes o servicios a proveedores de otros países de la UE en los 12 meses anteriores).

- Comercio electrónico para las empresas: un 33% de las PYME deberán efectuar compras o ventas en línea para 2015 (base de referencia: en 2008, un 24% y un 12% de las empresas compró o vendió, respectivamente, de forma electrónica, por un valor igual o superior al 1% de su volumen total de compras o su facturación).
- Mercado único de los servicios de telecomunicaciones: para 2015 la diferencia entre las tarifas de itinerancia y las nacionales deberá aproximarse a cero (base de referencia: en 2009, el precio medio de un minuto de itinerancia ascendía a 0,38 céntimos (por llamada efectuada), y el precio medio por minuto de todas las llamadas en la UE era de 0,13 céntimos (incluida la itinerancia)).

## 2. Inclusión digital

Los indicadores, en este ámbito, marcados por los Estados miembros de cara a conseguir mejoras en este aspecto son los siguientes:

- Aumentar la utilización regular de internet: de un 60% a un 75% en 2015 y, entre los colectivos desfavorecidos, de un 41% a un 60% (la base de referencia son las cifras de 2009).
- Disminuir a la mitad la parte de población que nunca ha usado internet: hasta llegar al 15% en 2015 (base de referencia: en 2009, un 30% de personas con edades comprendidas entre los 16 y los 74 años no había usado nunca internet).

## 3. Investigación e innovación:

El indicador de referencia, en este ámbito, marcado por los Estados miembros de cara a avanzar en esta materia sería el siguiente:

- Fomento de la I+D en las TIC: Duplicación de la inversión pública a 11.000 millones de euros (base de referencia: la cifra nominal de créditos presupuestarios o gastos públicos de I+D dedicados a las TIC ascendía en 2007 a 5.700 millones).

## 4. Servicios públicos:

Los indicadores, en este ámbito, marcados por los Estados miembros de cara a conseguir mejoras sustanciales en esta materia son los siguientes:

- Administración electrónica para 2015: Un 50% de los ciudadanos utilizarán la administración electrónica, y más de la mitad de esa cifra cumplimentará formularios en línea (base de referencia: en 2009, un 38% de personas con edades comprendidas entre los 16 y los 74 años habían usado la administración electrónica en los 12 meses anteriores, y un 47% de ellas había cumplimentado formularios en línea).
- Servicios públicos transfronterizos: En 2015 deberán estar disponibles en línea todos los servicios públicos transfronterizos clave contenidos en una lista que acordarán los Estados miembros en 2011.

## 5. Economía con baja emisión de carbono:

El indicador de referencia, en este ámbito, marcado por los Estados miembros de cara a conseguir este objetivo es el siguiente:

- Promoción del alumbrado con bajo consumo de energía: Reducción de al menos un 20% del consumo de energía en alumbrado para 2020.

## 6. Objetivos en materia de banda ancha:

Los indicadores, en este ámbito, marcados por los Estados miembros de cara a determinar el avance en esta materia son los siguientes:

- Banda ancha básica para todos en 2013: cobertura de banda ancha básica para el 100% de los ciudadanos europeos (base de referencia: en diciembre de 2008 la cobertura DSL total era de un 93% de la población total de la UE).
- Banda ancha rápida para 2020: cobertura de banda ancha de 30 Mbps o superior para el 100% de los ciudadanos europeos (base de referencia: en enero de 2010 un 23% de los abonos a la banda ancha alcanzaban al menos los 10 Mbps).
- Banda ancha ultrarrápida para 2020: un 50% de los hogares europeos deberán contar con abonos por encima de los 100 Mbps.

Veamos las acciones puestas en marcha por la Comisión Europea, en cada uno de estos ámbitos de actuación, para conseguir alcanzar estos objetivos en las fechas propuestas.

## 3.2 ACCIONES

En este apartado veremos de manera detallada algunas de las más importantes acciones clave planteadas por la Comisión Europea en relación a cada uno de los ámbitos de actuación descritos anteriormente.

### 1. Acciones encaminadas a solucionar la fragmentación de los mercados digitales en la UE:

La Agenda Digital estimulará el negocio de las descargas musicales y para ello plantea simplificar la autorización de los derechos de autor, su gestión y la concesión de licencias transfronterizas (Acción Clave 1). En este sentido, la Comisión propondrá, entre otras cosas, antes de que finalice 2010, una Directiva marco sobre gestión de derechos colectivos con el objetivo de potenciar la gobernanza, la transparencia y la concesión de licencias paneuropeas para la gestión de derechos en línea. Esta situación se volverá a considerar en 2012, tras la publicación de un Libro Verde a lo largo de ese año.

Por otro lado, la Agenda fijará una fecha para el paso a un mercado único de los pagos en línea (Acción Clave 2). Para conseguir dicho paso la Comisión garantizará que se consiga establecer la Zona Única de Pagos en Euros (ZUPE), para ello, si es necesario, planteará medidas legales de obligado cumplimiento y fijará, antes de 2010, una fecha límite para la migración y conclusión de la misma. Por otro lado, facilitará la aparición de un marco europeo para la facturación electrónica interoperable mediante una Comunicación sobre facturación electrónica y establecerá un foro con las partes interesadas.

La Agenda también se propone fomentar el comercio electrónico público y privado modernizando la normativa sobre la firma electrónica en 2011 (Acción Clave 3), de manera que la autenticación electrónica segura resulte interoperable y sea reconocida a través de las fronteras.

Con respecto a la confianza en el mundo digital, la Agenda plantea reforzar los derechos de los ciudadanos y su confianza mediante una actualización del marco regulador de la protección de datos de la UE (Acción Clave 4) antes de que finalice 2010. En este sentido, la Comisión Europea se encargará también de la protección de los consumidores en Internet a través de la publicación de un *código digital* que recoja de manera clara y accesible los derechos de los ciudadanos en el mundo en línea ya que, a día de hoy, a los consumidores les resulta complicado conocer cuáles son estos derechos debido, en gran medida, a que dichos derechos se encuentran recogidos en numerosos documentos legales distintos y de compleja comprensión. Otra propuesta recogida en la Agenda consiste en instar a la Comisión para que siga adelante con la idea de instaurar las *marcas de confianza en línea de la UE*, en concreto para los sitios web de venta al por menor, y para que proponga un *sistema de solución de controversias en línea a nivel de la UE* para las operaciones de comercio electrónico, de esta manera los consumidores sabrían a dónde deben dirigirse en caso de que algo vaya mal.

Finalmente, con el objeto de reforzar el mercado único de servicios de telecomunicación, la Comisión propondrá medidas para mejorar la armonización de los recursos de numeración para la prestación de servicios comerciales en toda Europa, a más tardar en 2011. Igualmente, y sobre la base del Programa Europeo de Política del Espectro Radioeléctrico, coordinará las condiciones técnicas y reglamentarias aplicables al uso del espectro y, cuando resulte necesario, armonizará las bandas espectrales para crear economías de escala en los mercados de equipos y permitir a los consumidores utilizar el mismo equipo y disfrutar de los mismos servicios en toda la UE.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas, relativas a este primer ámbito de actuación, recogidas en la Agenda Digital y la fecha de ejecución prevista de cada una de ellas:

Un mercado único digital dinámico	
<b>Acción clave 1:</b> Simplificar la autorización de derechos de autor, su gestión y la concesión de licencias transfronterizas,	
• mejorando la gobernanza, la transparencia y la concesión de licencias paneuropeas para la gestión de derechos (en línea) mediante una propuesta de Directiva marco sobre gestión colectiva de derechos;	2010



<ul style="list-style-type: none"> <li>• creando un marco jurídico que facilite la digitalización y difusión de obras culturales en Europa mediante una propuesta de Directiva sobre obras huérfanas, y que permita entablar un diálogo con las partes interesadas con vistas a impulsar medidas sobre las obras agotadas, complementado con bases de datos de información sobre derechos;</li> </ul>	2010
<ul style="list-style-type: none"> <li>• revisando la Directiva sobre la reutilización de la información del sector público, y en particular su ámbito de aplicación y los principios de tarificación del acceso y el uso.</li> </ul>	2012
<b>Acción clave 2:</b> Garantizar que se lleva a término la Zona Única de Pagos en Euros (ZUPE), si es necesario mediante medidas legales vinculantes que fijen una fecha límite para la migración, y facilitar la aparición de un marco europeo interoperable para la facturación electrónica mediante una Comunicación sobre facturación electrónica y estableciendo un foro de partes interesadas.	2010
<b>Acción clave 3:</b> Proponer una revisión de la Directiva sobre la firma electrónica con vistas a establecer un marco jurídico para el reconocimiento y la interoperabilidad transfronterizos de los sistemas seguros de autenticación electrónica.	2011
<b>Acción clave 4:</b> Revisar el marco regulador de la protección de datos de la UE con vistas a reforzar la confianza de las personas y fortalecer sus derechos.	2010

**TABLA 2** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DEL MERCADO ÚNICO DIGITAL

## 2. Acciones encaminadas a resolver la falta de interoperabilidad y de normas comunes:

Con el objeto de mejorar las condiciones marco de la interoperabilidad en el seno de la Unión Europea la Agenda propone, como medida más importante, la de garantizar la existencia de normas adecuadas relativas al sector de las TIC y que dichas normas sean utilizadas, especialmente en la contratación pública y la legislación. En este sentido, la Agenda recoge que la Comisión, dentro de la revisión de la política de normalización de la UE, proponga medidas legales sobre la interoperabilidad de las TIC, a más tardar en 2010, con el objeto de reformar la normativa relativa a la aplicación de las normas de TIC en Unión Europea para permitir el uso de ciertas normas provenientes de otros foros y consorcios de TIC (**Acción Clave 5**).

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a este segundo ámbito de actuación, y la fecha de ejecución prevista para cada una de ellas:

Interoperabilidad y normas	
<b>Acción clave 5:</b> Dentro de la revisión de la política de normalización de la UE, proponer medidas legales sobre la interoperabilidad de las TIC para reformar la normativa sobre la aplicación de las normas de TIC en Europa, a fin de permitir el uso de ciertas normas de foros y consorcios de TIC.	2010

**TABLA 3** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA INTEROPERABILIDAD Y LAS NORMAS COMUNES



### 3. Acciones para solucionar la falta de inversión en investigación e innovación:

Para hacer frente a los problemas relacionados con este ámbito, la Agenda Digital propone fomentar más inversión privada a través de asociaciones público-privadas y de un uso inteligente de la *contratación pre-comercial (CPC)*. Estas dos líneas de actuación serán financiadas haciendo uso de los fondos estructurales para la investigación y la innovación y para fijar un ritmo de crecimiento anual de un 20 % en el presupuesto de I+D sobre TIC mientras siga vigente el 7º Programa Marco (7º PM) de investigación (**Acción Clave 9**).

Además, la Agenda establece que la Comisión será la encargada de elaborar también métodos ágiles y rápidos para que las PYME y los jóvenes investigadores accedan a la financiación de la UE para investigación en TIC. Los Estados miembros deberán encargarse, por otro lado, de duplicar, para 2020, el gasto público anual total en investigación y desarrollo de las TIC, pasando de 5.500 a 11.000 millones de euros (incluyendo los programas de la UE), para conseguir que se genere un incremento equivalente del gasto privado, pasando de 35.000 a 70.000 millones de euros.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a esta materia, y la fecha de ejecución prevista:

Investigación e innovación	
<b>Acción clave 9:</b> Suscitar más inversión privada mediante el uso estratégico de la contratación precomercial y las asociaciones públicoprivadas, utilizando los fondos estructurales para la investigación y la innovación y manteniendo el ritmo de un 20 % de incremento anual del presupuesto de I+D sobre TIC establecido en el 7º PM.	—

**TABLA 4** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE MAYOR INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LAS TIC

### 4. Acciones propuestas para fomentar la confianza y seguridad en las redes:

Con el objetivo de potenciar la confianza y seguridad en Internet la Agenda Digital plantea, entre otras acciones, establecer un sistema de respuesta rápida ante ciberataques, que contará con una red de equipos de respuesta a emergencias informáticas (CERT) y propondrá en 2010 reforzar las funciones de la Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información (ENISA) (**Acción Clave 6**).

La Agenda también determina que la Comisión deberá presentar medidas legislativas más estrictas para combatir los ciberataques contra los sistemas de información a más tardar en 2010, proponiendo, adicionalmente, una normativa asociada a las anteriores medidas relativa a la jurisdicción en Internet a nivel europeo e internacional a más tardar en 2013(**Acción Clave 7**).

La Agenda recoge medidas adicionales en este ámbito tales como: que la Comisión Europea fomente el uso de las líneas telefónicas en las que niños y padres puedan notificar la presencia de contenidos ilícitos en línea y trabaje con los países de la UE para enseñar

seguridad en línea en las escuelas. Además, a día de hoy, con arreglo a la normativa actualizada sobre telecomunicaciones de la UE, los operadores y proveedores de servicios están obligados a notificar las violaciones de la seguridad de los datos personales, esta obligación podrá verse ampliada a partir de la revisión en curso (como vimos en el punto 1) del marco general de protección de datos.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a este cuarto ámbito de actuación, y la fecha de ejecución prevista para cada una de ellas:

Confianza y seguridad	
<b>Acción clave 6:</b> Presentar medidas encaminadas a conseguir una política de seguridad de las redes y de la información reforzada y de alto nivel, incluyendo iniciativas legislativas tales como una Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información (ENISA) renovada y medidas que permitan reaccionar con más rapidez en caso de ciberataque, incluyendo un CERT para las instituciones de la UE.	2010
<b>Acción clave 7:</b> Presentar medidas, incluyendo iniciativas legislativas, para combatir los ciberataques contra los sistemas de información a más tardar en 2010, y una normativa conexas sobre la jurisdicción en el ciberespacio a nivel europeo e internacional a más tardar en 2013.	2010-2013

**TABLA 5** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE MAYOR CONFIANZA Y SEGURIDAD EN LAS REDES

## 5. Acciones propuestas para solventar la falta de cualificación y capacitación digitales:

Para hacer frente a este problema la Agenda Digital propone compensar la escasez de competencias digitales incentivando una mejor coordinación de las medidas encaminadas al respecto en cada Estado miembro, y primordialmente mediante la propuesta de que la alfabetización y la capacitación digitales sea considerada una prioridad del Fondo Social Europeo (2014-2020) (**Acción Clave 10**).

Además, la Comisión deberá fomentar la oferta y la demanda de competencias en TIC en el mercado laboral, desarrollando de aquí a 2012 herramientas que permitan detectar las competencias de profesionales y usuarios de las TIC para que las empresas que buscan trabajadores con competencias particulares puedan comparar fácilmente sus aptitudes desarrollando, de este modo, un Marco Europeo sobre el Profesionalismo en las TIC para incrementar las competencias y la movilidad por toda Europa de los profesionales de las TIC (**Acción Clave 11**).

Como medidas adicionales se recogen, por ejemplo, el que la Comisión, sobre la base de un examen de las posibles opciones, formule también propuestas, a más tardar en 2012, para garantizar que los sitios web que prestan servicios al público sean accesibles para todos los ciudadanos, incluidos los ancianos y las personas con discapacidad, a más tardar en 2015.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a este quinto ámbito de actuación, y la fecha de ejecución prevista para cada una de ellas:

Fomentar la alfabetización, la capacitación y la inclusión digitales	
<b>Acción clave 10:</b> Proponer la alfabetización y las competencias digitales como prioridad para el Reglamento del Fondo Social Europeo (2014- 2020).	–
<b>Acción clave 11:</b> Desarrollar herramientas que permitan identificar y reconocer las competencias de los profesionales y usuarios de las TIC, en relación con el Marco Europeo de Cualificaciones y con EUROPASS, y desarrollar un Marco Europeo sobre el Profesionalismo en las TIC para incrementar las competencias y la movilidad por toda Europa de los profesionales de las TIC.	2012

**TABLA 6** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA ALFABETIZACIÓN, LA CAPACITACIÓN Y LA INCLUSIÓN DIGITALES

## 6. Acciones propuestas para solventar la poca utilización de las TIC para afrontar los retos sociales presentes y futuros:

Algunas de las acciones propuestas por la Agenda Digital para hacer frente a este problema son:

- Asegurarse de que el sector de las TIC de buen ejemplo comunicando sus emisiones de gases de invernadero, de tal manera que en 2011, a más tardar, se haya propuesto y aplicado una metodología común para que sirva de guía a otros sectores de gran intensidad energética (**Acción Clave 12**).
- Llevar a cabo acciones piloto a gran escala, a más tardar en 2015, que permitan a los europeos el acceso seguro en línea a sus datos sanitarios, de manera que, estén donde estén, los doctores tengan acceso a sus historias médicas y se consiga para 2020 un despliegue generalizado de los servicios de telemedicina (**Acción Clave 13**).
- Mejorar la seguridad y la asistencia médica a los europeos, por ejemplo en el caso de urgencias en el extranjero, definiendo (a más tardar en 2012) el conjunto mínimo de información sanitaria que debe incluirse en las historias de los pacientes a las que se podrá acceder por vía electrónica desde cualquier lugar de la UE (**Acción Clave 14**).
- Continuar mejorando el acceso en línea al rico patrimonio cultural europeo mediante la propuesta de un modelo sostenible para financiar la biblioteca digital pública de la UE (Europeana) y para digitalizar las obras culturales de Europa (**Acción Clave 15**).
- Fomentar la administración electrónica entre los ciudadanos y las empresas europeas de tal manera que se conviertan en una herramienta cotidiana mediante el establecimiento de una lista de servicios transfronterizos comunes que permita a las empresas y a los ciudadanos operar con independencia del lugar de residencia dentro de la UE gracias al desarrollo de sistemas de reconocimiento mutuo de las identidades electrónicas (**Acción Clave 16**).
- Fomentar un transporte eficiente y una movilidad mejor, así se establecerán medidas como: incrementar el ritmo de adopción de los STI (Sistemas de Transporte Inteligente),

adoptar (a más tardar en 2010) la estrategia de despliegue de las soluciones de gestión del tránsito aéreo para el cielo único europeo (SESAR), proponer (a más tardar en 2011) una Directiva sobre el despliegue de los servicios electrónicos marítimos así como una Directiva (en 2011) que establecerá las especificaciones técnicas para las aplicaciones telemáticas referidas a los servicios ferroviarios de pasajeros.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a este sexto ámbito de actuación, y la fecha de ejecución prevista para cada una de ellas:

<b>Beneficios que hacen posibles las TIC para la sociedad de la UE</b>	
<b>Acción clave 12:</b> Evaluar si el sector de las TIC ha cumplido el plazo para adoptar unas metodologías de medición comunes en relación con el rendimiento energético y las emisiones de gases de invernadero del propio sector y proponer medidas legales si procede.	2011
<b>Acción clave 13:</b> Acometer acciones piloto para equipar a los europeos con un acceso en línea seguro a sus datos médicos a más tardar en 2015 y conseguir para 2020 un despliegue generalizado de los servicios de telemedicina.	2015-2020
<b>Acción clave 14:</b> Proponer una Recomendación que defina un conjunto mínimo común de datos relativos a los pacientes para la interoperabilidad de las historias de los pacientes a las que se acceda o que se intercambien por vía electrónica en los Estados miembros.	2012
<b>Acción clave 15:</b> Proponer un modelo sostenible para la financiación de Europeaana, la biblioteca digital pública de la UE, y la digitalización de contenidos.	2012
<b>Acción clave 16:</b> Proponer una Decisión del Parlamento y del Consejo para garantizar el reconocimiento mutuo de la identificación y la autenticación electrónicas en toda la UE sobre la base de unos «servicios de autenticación» en línea que se ofrecerán en todos los Estados miembros (que podrán utilizar los documentos oficiales más adecuados, expedidos por el sector público o el privado).	2012

**TABLA 7** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA AFRONTAR LOS RETOS SOCIALES PRESENTES Y FUTUROS

## 7. Acciones propuestas para solventar la falta de inversión en redes:

Como vimos anteriormente, el objetivo de la UE es poner la banda ancha básica a disposición de todos los europeos a más tardar en 2013 garantizando, para 2020, que todos los europeos tengan acceso a Internet a velocidades por encima de los 30 Mbps y que al menos el 50% de los hogares europeos, para ese año, estén abonados a accesos a Internet por encima de los 100 Mbps.

De cara a conseguir estos ambiciosos objetivos va a ser imprescindible una política conjunta centrada en varias metas: por un parte, alcanzar una cobertura de banda ancha universal (combinando banda ancha fija y banda ancha inalámbrica) consiguiendo que las

velocidades de internet aumenten gradualmente hasta alcanzar velocidades de 30 Mbps y mayores. Y por otro lado ir poco a poco fomentando el despliegue y la implantación de redes de acceso de nueva generación (RANG) en el mayor territorio de la UE posible, para así conseguir accesos ultrarrápidos a Internet a velocidades por encima de los 100 Mbps.

Para lograr estas metas la Agenda Digital propone que:

La Comisión publique en 2010 una comunicación sobre la banda ancha que establezca un marco común para las acciones de la UE y de los Estados miembros encaminadas a alcanzar los objetivos en materia de banda ancha de Europa 2020 (Acción Clave 8), incluyendo:

- reforzar y racionalizar la financiación de la banda ancha de alta velocidad a través de los mecanismos internos de la UE, a más tardar en 2014, y explorar la manera de atraer inversiones privadas en la banda ancha a través de la promoción del crédito
- proponer un programa europeo de política del espectro en 2010 que cree una política del espectro coordinada y estratégica a nivel de la UE a fin de incrementar la eficiencia de la gestión del espectro radioeléctrico y de maximizar los beneficios para los consumidores y la industria
- publicar una Recomendación en 2010 para fomentar la inversión en las redes de acceso de nueva generación competitivas a través de unas medidas reguladoras claras y eficaces

Las medidas que deberían adoptar, a su vez, los Estados miembros de acuerdo a la Agenda Digital serían las siguientes:

- llevar a cabo, a más tardar en 2012, unos planes nacionales de banda ancha que permitan conseguir los objetivos de cobertura, velocidad y asimilación recogidos en Europa 2020. Para conseguir estos objetivos podrán recurrir a la financiación pública teniendo en cuenta en todo momento la normativa de la UE sobre competencia y ayudas estatales
- facilitar la inversión en la banda ancha mediante medidas encaminadas a ello (incluidas las legales), garantizando por ejemplo que en las obras de ingeniería civil intervengan de manera sistemática inversores potenciales, aplicando los derechos de paso, cartografiando las infraestructuras pasivas disponibles para el cableado y poniendo al día el cableado dentro de los edificios
- hacer uso de los Fondos Estructurales y de Desarrollo Rural que ya están asignados para la inversión en infraestructuras y servicios de TIC
- aplicar el programa europeo de política del espectro, para garantizar la asignación coordinada y eficiente del espectro, y aplicar, del mismo modo, la Recomendación europea sobre las RANG.

Veamos, a modo de resumen y de manera esquemática, las acciones y propuestas legislativas de la Comisión recogidas en la Agenda Digital, relativas a este último ámbito de actuación, y la fecha de ejecución prevista para cada una de ellas:

<b>Acceso rápido y ultrarrápido a internet</b>	
<b>Acción clave 8:</b> Adoptar una Comunicación sobre la banda ancha que establezca un marco común para las acciones de la UE y de los Estados miembros encaminadas a alcanzar los objetivos en materia de banda ancha de Europa 2020, incluyendo:	2010
<ul style="list-style-type: none"> <li>• reforzar y racionalizar, dentro de este marco, la financiación de la banda ancha de alta velocidad a través de los instrumentos de la UE (p. ej., FEDER, PERD, FEADER, RTE, PIC), a más tardar en 2014, y explorar la manera de atraer capitales para las inversiones en la banda ancha a través de la promoción del crédito (con el respaldo de fondos de la UE y del BEI);</li> </ul>	2014
<ul style="list-style-type: none"> <li>• proponer un ambicioso programa europeo de política del espectro en 2010, para que decidan al respecto el Parlamento Europeo y el Consejo, que cree una política del espectro coordinada y estratégica a nivel de la UE a fin de incrementar la eficiencia de la gestión del espectro radioeléctrico y de maximizar los beneficios para los consumidores y la industria;</li> </ul>	2010
<ul style="list-style-type: none"> <li>• publicar una Recomendación en 2010 para fomentar la inversión en las redes de acceso de nueva generación competitivas a través de unas medidas reguladoras claras y eficaces.</li> </ul>	2010

**TABLA 8** ACCIONES CLAVE EN MATERIA DE FOMENTO DE LA INVERSIÓN EN REDES DE ACCESO RÁPIDO Y ULTRARRÁPIDO A INTERNET

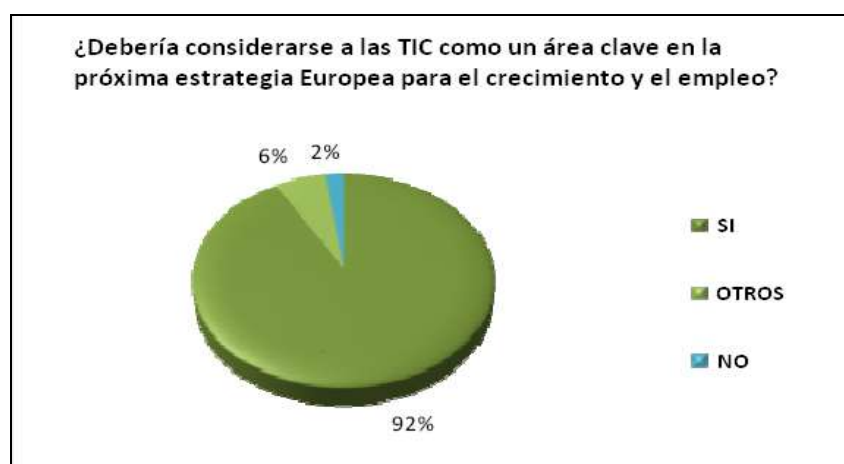
### 3.3 PILAR CENTRAL DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA: INTERNET ULTRARRÁPIDO

Hemos visto en el apartado anterior las acciones clave principales propuestas en la Agenda Digital Europea. Hemos visto que son muchas y muy variadas y que se engloban en diversos ámbitos que, a la luz de los análisis del sector realizados, requieren de actuaciones encaminadas a mejorar la situación del sector en varios frentes consiguiendo, de manera conjunta, situar a la Unión Europea en una posición de privilegio en lo que a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se refiere, con el consiguiente previsible impacto en el conjunto de la economía de la Unión Europea.

De todos estos pilares sobre los que se sustentará el avance hacia la consecución de los objetivos de la Agenda nosotros nos vamos a centrar en el último de ellos, es decir, en el de la consecución de los objetivos en materia de banda ancha. Esta elección no es arbitraria si no que se basa en el hecho objetivo de que unas infraestructuras adecuadas posibilitarán y facilitarán en gran medida que el resto de los objetivos sean viables haciendo de este pilar el pilar estratégico de la Agenda.



Además de que la propia lógica ya nos inclinaría a pensar en la importancia de conseguir una Internet rápida y ultrarrápida para que, como vimos en la introducción del presente capítulo, se fomente el “ciclo virtuoso de actividad” en el sector de las TIC también resulta justificable a tenor de los resultados de las consultas llevadas a cabo por la Comisión Europea, y recogidas en el llamado documento “*Priorities for a new strategy for european information society (2010-2015)*”(en español, “Prioridades para una nueva estrategia para la Sociedad de la Información”) [14], entre las partes interesadas del sector. Los resultados de las consultas llevadas a cabo fueron concluyentes: el 92% de los participantes consideraron que el sector de las TIC debería ser considerado como un elemento clave en las políticas de la Comisión en el transcurso de la próxima década.



**FIGURA 28** CONSIDERACIÓN DE LAS TIC COMO ÁREA ESTRATÉGICA EN LA POLÍTICA EUROPEA

Preguntando más concretamente sobre cuál debería ser considerada como la prioridad principal de las políticas en materia de las TIC, más de la mitad de los consultados (un 51.4%) eligió el lograr “una Internet ultrarrápida y abierta para todos” frente a todas las demás prioridades.



**FIGURA 29** PRINCIPALES PRIORIDADES DE LAS POLÍTICAS EN MATERIA DE LAS TIC



Los resultados de las consultas remarcan, igualmente, que para los operadores de telecomunicaciones, los proveedores de servicios y los gobiernos nacionales resulta de crucial importancia el poner énfasis en el despliegue de redes de acceso de nueva generación (RANG) ya que consideran que la Unión Europea se está quedando atrás en este aspecto. Algunos participantes resaltaron, igualmente, la importancia que los accesos inalámbricos podrían llegar a tener de cara a hacer disponible la banda ancha para todos.

Así pues nos vamos a centrar en analizar, en los capítulos siguientes, cuales son las posibles tecnologías de acceso, tanto fijas como móviles, para alcanzar los objetivos de despliegue e implantación de redes de acceso rápido y ultrarrápido que hemos visto a lo largo de este capítulo para, posteriormente, analizar las implicaciones tanto económicas como regulatorias asociadas a la consecución de estos objetivos de despliegue. Conozcamos, pues, cuáles son esas alternativas tecnológicas.

## 4. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BANDA ANCHA Y ULTRA ANCHA

En este capítulo realizaremos un detallado estudio de las alternativas tecnológicas de acceso de banda ancha tanto fija como móvil disponibles en el mercado actualmente para, posteriormente, analizar cual o cuales de ellas posibilitarían la consecución de los objetivos analizados en el capítulo anterior, y fijados en el texto de la Agenda Digital Europea, en materia de banda ancha y en los plazos de tiempo planteados por la Unión Europea. Veamos cuáles serían esas alternativas, tecnológicamente hablando:

### 4.1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA FIJA

#### 4.1.1 BUCLE DIGITAL DE ABONADO (xDSL – x-type Digital Subscriber Loop)

Las siglas xDSL engloban a un conjunto de tecnologías de acceso de red fija de alta velocidad de datos sobre par trenzado telefónico (lo que se conoce como “última milla”, “*last mile*” en inglés). Tradicionalmente esta conexión telefónica se diseñó para el envío de voz a través de señales de tipo analógico con lo que el emisor/receptor simplemente transformaba la señal acústica en señal eléctrica y viceversa, sin embargo con el tiempo se vio que dicha transmisión tan sólo ocupaba una pequeña parte del ancho de banda disponible (4kHz). Así pues, este conjunto de tecnologías tratan de aprovechar ese ancho de banda disponible teniendo, por tanto, como ventaja el que no requieren que el usuario realice un cableado nuevo (a diferencia de la tecnología HFC como veremos más adelante en este capítulo) y presentando, además, cierta compatibilidad hacia atrás con la telefonía vocal básica.

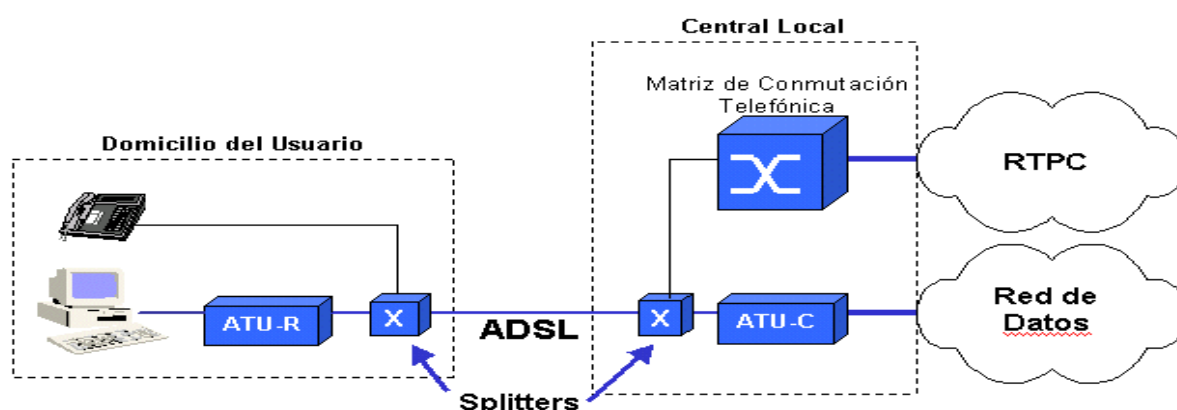


FIGURA 30 G.992.1 – MODELO DE REFERENCIA DEL SISTEMA ADSL

En la figura anterior se muestra un esquema de la arquitectura básica de un sistema xDSL cuyos elementos fundamentales son: el ATU-R (*ADSL Termination Unit, Remote side*) en el hogar del usuario, el ATU-C (*ADSL Termination Unit, Central office side*) en el lado de red del operador y los *splitters* o divisores. La comunicación se realiza a través de esos dos interfaces ATU-R y ATU-C, mientras que delante de cada uno de ellos se ha de colocar,

como vemos en la figura, un *splitter* que no es más que un conjunto de dos filtros: uno de paso alto y otro de paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas de baja frecuencia (telefonía) y las de alta frecuencia (datos).

La tecnología DSL supone la eliminación de la transformación de la señal digital a señal analógica, por lo que la información es transferida y recibida de forma digital utilizando así todo el ancho de banda que el cableado permite realmente. Además en el par de cobre pueden separarse las señales analógicas y digitales, por lo que es posible hacer circular datos y voz al mismo tiempo por canales separados.

Dentro de las tecnologías xDSL tenemos distintos tipos que se han ido desarrollando con el devenir de los años. En la figura siguiente se muestran, a modo de resumen, algunas de estas tecnologías así como los anchos de banda que ocupan y las velocidades que son capaces de proporcionar:

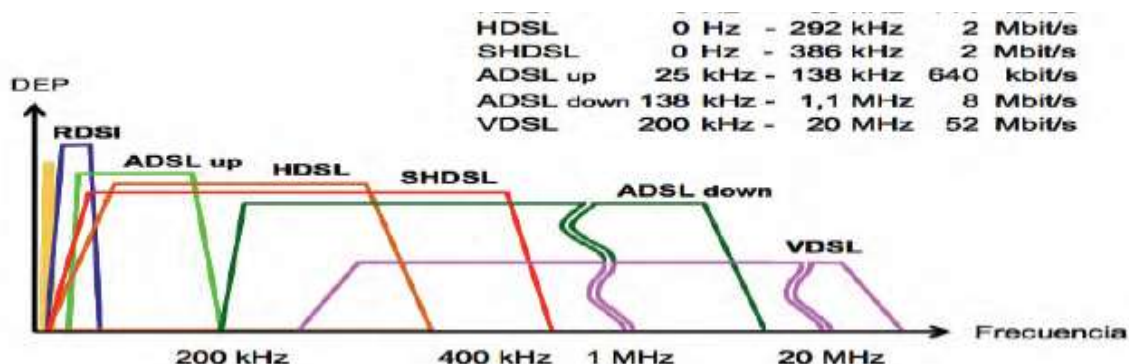


FIGURA 31 TECNOLOGÍAS xDSL

Dentro de estas tecnologías la más extendida es el ADSL (*Asynchronous Digital Subscriber Line*). Esta tecnología está basada en el estándar G.992.1 de la UIT y se caracteriza por el hecho de que el enlace se sincroniza a una velocidad en el enlace ascendente (*upstream*) y a otra en el descendente (*downstream*). Una vez sincronizado, la velocidad del enlace no es adaptable. La modulación más comúnmente empleada por la tecnología ADSL se denomina DMT (*Discrete MultiTone*) y hace que dicha tecnología soporte al menos 6Mbps en el enlace de bajada, pudiendo llegar hasta los 8Mbps.

La modulación DMT es un método de modulación multiportadora, al igual que OFDM como veremos más adelante, que separa la señal ADSL en 256 portadoras centradas en múltiplos de 4.3125 kHz. De este modo, la modulación DMT destina 224 de estas portadoras al enlace descendente mientras que las 31 restantes las dedica al enlace ascendente. La portadora 0, DC, no se emplea. Cuando coexisten voz (o POTS, del inglés *Plain Old Telephone Service*) y datos por la misma línea, la portadora 7 se convierte entonces en la primera en ser utilizada para ADSL.

La frecuencia central de cada portadora  $N$ , de las 255 entre las que se distribuye el espectro tal y como hemos comentado anteriormente, será  $N \cdot 4.3125$  kHz con la característica de que el espectro de cada portadora se solapará con sus vecinas (el ancho de banda supera los 4.315 kHz), esto es posible gracias al empleo de COFDM (multiplexado por división de

frecuencia ortogonal *codificada*), es decir se emplea OFDM junto con codificación de canal (se usa codificación Reed-Solomon) para detección y corrección de errores.

Para conseguir la modulación OFDM los datos de entrada se “mapean” en símbolos OFDM, lo que significa que modulan a cada una las sub-portadoras individuales. En ADSL normalmente se emplea desde modulaciones 4 QAM (2bits/símbolo) a modulaciones 256 QAM (8bits/símbolo) aunque si tuviéramos una línea de buena calidad se podrían conseguir codificar hasta 15 bits por símbolo en cada portadora.

Resumiendo, la distribución de frecuencias será como sigue:

- 30 Hz a 4 kHz, voz
- 4 kHz a 25 kHz, se usa como banda de guarda
- 25 kHz a 138 kHz, 25 portadoras para el enlace ascendente (7-31)
- 138kHz a 1104 kHz, 224 portadoras en el enlace descendente (32-255)

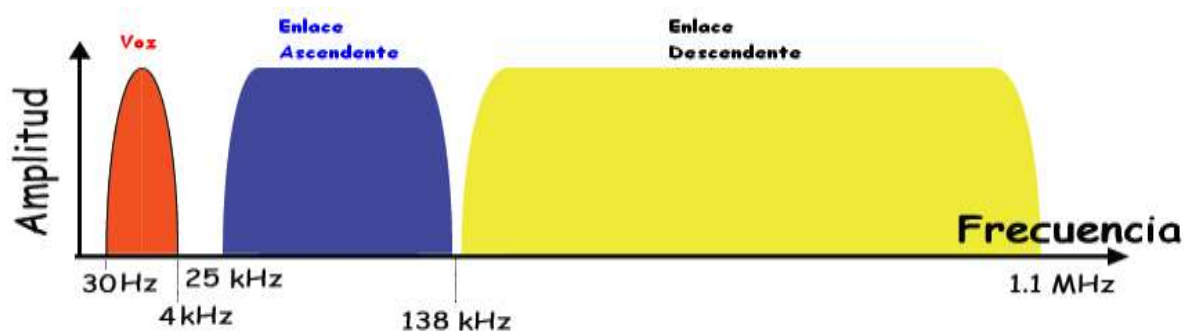


FIGURA 32 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN ADSL

Típicamente, algunas portadoras alrededor de la 31 y 32 se suelen dejar sin usar para prevenir interferencias entre el enlace ascendente y el descendente. Estas portadoras constituyen una segunda banda de guarda que queda a elección de cada fabricante de equipos DSLAM (no aparece especificado en el estándar G.992.1)

DSLAM = Digital Subscriber Line Access Multiplexer

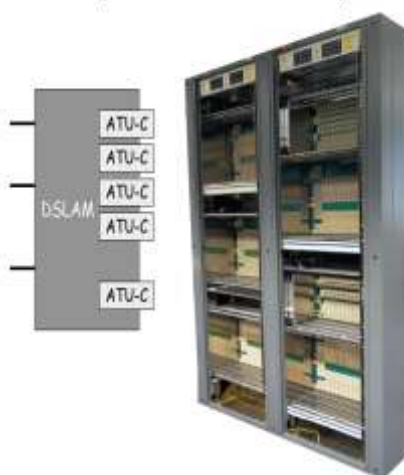
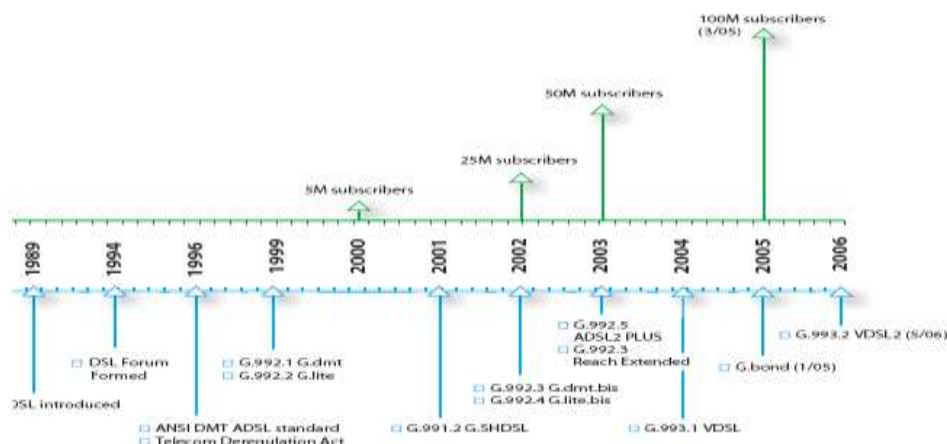


FIGURA 33 ESTRUCTURA DE UN DSLAM

#### 4.1.1.1 ADSL2 Y ADSL2+



**FIGURA 34** EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE XDSL

En la figura anterior se puede ver la evolución de los estándares de xDSL desde su aparición en 1989. El boom de esta tecnología llegó, como ya adelantamos anteriormente, con la aparición del estándar de ADSL diez años más tarde y sus posteriores mejoras plasmadas en los estándares G.992.3 (ADSL2) y G.992.5 (ADSL2+) de la UIT. Estas nuevas tecnologías permitían velocidades de datos mucho mayores y ofrecían nuevas características y funcionalidades, incluyendo soporte para nuevos servicios y aplicaciones. Entre los cambios más notables podemos encontrar: adaptabilidad, mayores tasas de transferencias, diagnósticos, modos de espera e incrementos en el alcance. Veamos una tabla comparativa:

Tipo de DSL	Flujo descendente (Mbps)	Flujo ascendente (Mbps)	Distancia convencional (m)
ADSL	1.5 – 8	1	1500
ADSL2	11	1.5	2000
ADSL2+	24	2	1500

**TABLA 9** EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE ADSL

En el ADSL convencional uno de los mayores problemas de cara a aumentar la tasa de transferencia era la alta diafonía producida en el tendido telefónico de tal manera que los cambios producidos en la conexión debidos a estos niveles de diafonía junto con otras efectos como las interferencias AM, los cambios de temperatura o la presencia de humedad podían llegar a causar incluso la interrupción del servicio ADSL en un momento dado.

ADSL2 mejora estos aspectos supervisando la cantidad de distorsión y ruido en el medio, variando la tasa de transferencia al máximo valor posible en tiempo real, sin perder calidad en la transmisión y previniendo de errores a la misma. Esta clase de adaptabilidad se realiza de forma transparente al usuario usando mecanismos que permiten cambios de velocidades (en el momento mismo del procesamiento de las tramas de información) sin producir errores en la sincronización. Este mecanismo se conoce como SRA (*Seamless Rate Adaptation*) y permite a los sistemas ADSL2 cambiar la tasa de transferencia de datos de una conexión mientras está operando, sin ninguna interrupción del servicio o presencia de bits erróneos. SRA utiliza los procedimientos OLR (*Sophisticated Online Reconfiguration*) de ADSL2 para cambiar la tasa de transferencia de datos de la conexión. El protocolo usado por SRA trabaja de la siguiente manera:

1. El receptor supervisa la SNR del canal y determina que un cambio en la tasa de transferencia de datos es necesario para compensar los cambios en las condiciones del canal.
2. El receptor envía un mensaje al transmisor para iniciar el cambio en la tasa de transferencia de datos. Este mensaje contiene todos los parámetros de transmisión necesarios para transmitir a la nueva tasa.
3. El transmisor envía una señal de sincronismo que es usada como marca para designar el tiempo exacto en el cual será usada la nueva tasa de transferencia de datos y los parámetros de transmisión.
4. La señal de sincronismo es detectada por el receptor de forma rápida y transparente, el transmisor y el receptor conmutan a la nueva tasa de transferencia.

Los primeros *transceptores* ADSL que salieron al mercado se mantenían funcionando durante las 24 horas del día, incluso cuando no se estaban utilizando. Esto podía causar un problema, especialmente en lugares de trabajo donde la disipación de energía era un factor primordial y se debía mantener dentro de ciertos niveles. A su vez, representaba un gasto innecesario de energía eléctrica, puesto que no se estaba haciendo uso del servicio. Con el fin de resolver este inconveniente la tecnología ADSL2 introdujo tres modos de operación correspondientes a tres niveles de energía, los cuales son:

- L0 power mode: ADSL2 trabaja en el nivel “L0 power mode” cuando se realizan grandes descargas de archivos que requieren que la velocidad de descarga sea maximizada. Durante este período el transceptor funciona a toda su capacidad.
- L2 low-power mode: Este modo permite un ahorro de energía de los transceptores ubicados en el ATU-C llevando un registro estadístico de la conexión del usuario y el tráfico de Internet. El nivel L2 low-power mode es una de las principales características innovadoras de los estándares ADSL. Permite a los transceptores entrar y salir de este nivel según la cantidad de tráfico sobre la conexión ADSL. Por ejemplo, mientras el usuario está leyendo un archivo de texto grande y no está ocupando recursos de la red, el transceptor entra a L2 y saldrá del mismo una vez que empieza una nueva descarga de archivos o páginas por parte del usuario. Es importante comentar que la entrada y salida a este nivel de energía es automática e imperceptible para el cliente, puesto que no se produce interrupción del servicio ni errores en la tasa de bits.
- L3 low-power mode: Con este modo ADSL2 cuenta con un ahorro en el consumo de energía tanto del lado del usuario como del proveedor cuando no se realiza uso de la conexión por un período considerable de tiempo. Durante el nivel L3 low-power mode, los transceptores entran a un período de descanso llamado “sleep mode”, en el cual el cliente no está en línea (*online*) y con esto se evita un consumo innecesario de energía. Los transceptores requieren de aproximadamente 3 segundos para volver a su estado normal de actividad una vez que se necesite nuevamente del uso de la conexión

Con el surgimiento de ADSL2, por tanto, se consiguieron varios avances respecto a su versión precedente: se logró mejorar la tasa de transmisión, la susceptibilidad a interferencias, y se llegó a extender un poco más el alcance hacia los usuarios. Esto último es posible gracias, como factor fundamental, a la utilización de la codificación QAM que proporciona mayores velocidades de datos en líneas de gran longitud donde la relación Señal a Ruido (SNR) es baja.



Adicionalmente, con la ayuda de la codificación Reed-Solomon, se obtiene una mayor ganancia de codificación lo que, a su vez, permite obtener un aumento de velocidad en líneas de gran longitud.

Otras características presentes también en este estándar serían:

- Interoperabilidad mejorada: se introducen cambios en la fase de inicialización que permiten mejorar la interoperabilidad y ofrecen un mejor funcionamiento cuando como transmisores y receptores se conectan equipos ADSL2 de diferentes fabricantes.
- Inicio rápido: ADSL2 ofrece un modo de arranque rápido que reduce el tiempo de inicialización desde los más de 10 segundos (necesarios en ADSL) a los menos de 3 segundos en ADSL2.
- Modo Todo-Digital: ADSL2 permite un modo opcional que permite la transmisión de datos ADSL en el ancho de banda de voz, añadiendo 256Kbps de tasa de transferencia en sentido ascendente. Esta es una opción atractiva para negocios que tienen sus servicios de voz y datos en diferentes líneas telefónicas.
- Servicios basados en paquetes: ADSL2 incluye una capa llamada PTM-TC (*Plesiochronous Transfer Mode – Transmission Convergence*), que permite transportar sobre ADSL2 servicios basados en paquetes de datos (como la *Ethernet*).

#### ➤ MEJORAS CON ADSL2+

El estándar de ADSL2 Plus fue aprobado por la UIT en enero de 2003, uniéndose a la familia de estándares ADSL como G.992.5. ADSL2 Plus dobla el ancho de banda del enlace descendente y, en consecuencia, incrementa la tasa de transferencia de datos en este mismo orden en líneas telefónicas de hasta 1,5Km. Es decir, mientras los primeros dos miembros de la familia del estándar especificaban una banda de frecuencias de hasta 1,1 MHz y 552 kHz respectivamente para el enlace descendente, ADSL2 Plus lo hace con hasta 2,2 MHz. Por otro lado, las velocidades alcanzables en ADSL2 Plus en el sentido ascendente se situarán alrededor del 1Mbps, dependiendo de las condiciones del lazo.

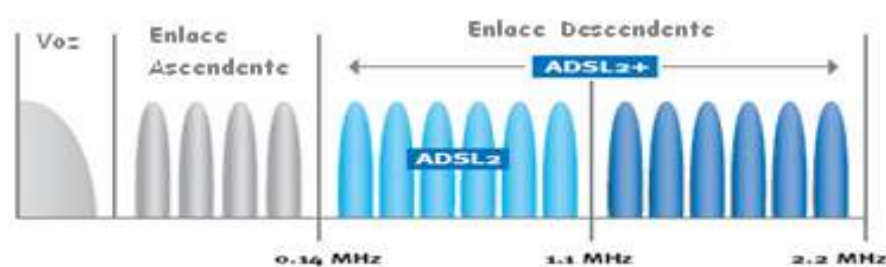
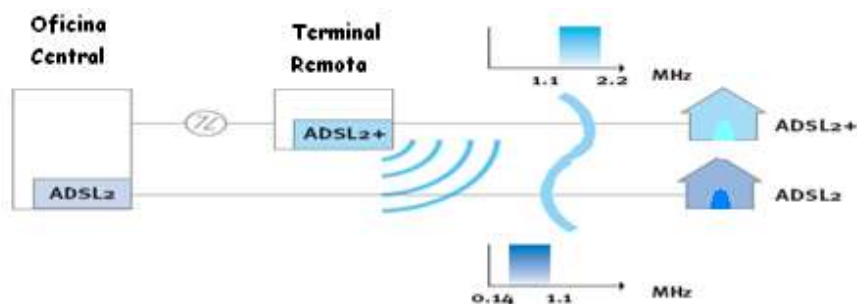


FIGURA 35 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN ADSL2+

Adicionalmente, ADSL2 Plus también puede ser usado para reducir la diafonía ya que ofrece la capacidad de usar sólo tonos entre 1,1MHz y 2,2MHz enmascarando las frecuencias usadas en sentido descendente que estén por debajo de 1,1MHz. Esto puede ser particularmente útil cuando los servicios ADSL de la oficina central y de la terminal remota están presentes en la misma conexión a medida que se acercan a las residencias de los clientes. La diafonía de los servicios ADSL desde de la terminal remota sobre las líneas de la oficina central pueden hacer variar significativamente las tasas de transferencia de datos en dicha línea.

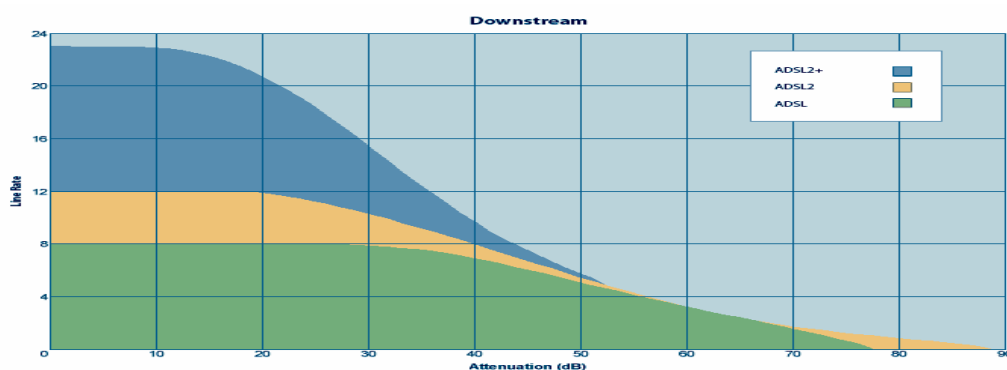




**FIGURA 36** DISMINUCIÓN DE INTERFERENCIAS POR DIAFONÍA EN ADSL2+

ADSL2 Plus puede corregir este problema usando frecuencias por debajo de 1,1MHz desde la oficina central a la terminal remota, y las frecuencias entre 1,1MHz y 2,2MHz desde la terminal remota a las cercanías del cliente. Esto eliminará la mayor parte de la diafonía y preservará las tasas de transferencia en ambas líneas.

Para finalizar decir que, como se muestra en el siguiente gráfico, para líneas largas que excedan los 50 dB de atenuación, ADSL2 y ADSL2+ no aportan mejora en términos de velocidad con respecto a ADSL. Sin embargo, ADSL2 es capaz de proveer de servicio a líneas extremadamente largas con atenuaciones rondando los 90 dBs mientras que las líneas ADSL convencionales no son capaces de proveer de servicio si presentan atenuaciones mayores de 75 dBs.



**FIGURA 37** VELOCIDADES DE LAS TECNOLOGÍAS ADSL EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

#### 4.1.1.2 VDSL (Very high bit rate DSL) Y VDSL2

VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line, en inglés), DSL de muy alta tasa de transferencia, es una extensión de la tecnología ADSL que proporciona una transmisión de datos hasta un límite teórico de 52 Mbps de bajada y 16 Mbps de subida sobre una línea de par trenzado de cobre. VDSL, al igual que ADSL, se usa generalmente de manera conjunta con capas de transporte ATM (VDSL2, sin embargo, se usará primordialmente con capas de transporte de modo paquete sobre la capa física).

Actualmente, el estándar VDSL (estándar G.993.1 de la UIT) utiliza hasta cuatro bandas de frecuencia diferentes, dos para el enlace ascendente y dos para el descendente. La ventaja fundamental de VDSL es que funciona de manera similar a ADSL pero ofreciendo unas velocidades asimétricas mayores mientras que otra ventaja de VDSL sería que puede operar tanto en modo simétrico como en asimétrico. El estándar define varios anexos con distintas distribuciones de ancho de banda y máscaras para distintas regiones diseñadas para

la coexistencia con otros servicios. Así, en Europa, se aplicará el Anexo B para la coexistencia del VDSL/VDSL2 con voz o RDSI a través de dos planes de frecuencias para VDSL y posteriormente VDSL2:

- Plan 997: velocidades asimétricas
- Plan 997: velocidades más simétricas

Plan 997:	Plan hasta los 12 MHz.
Plan 997E17:	Plan 997 extendido directamente hasta los 17,664 MHz.
Plan 997E30:	Plan 997 extendido directamente hasta los 30 MHz.
Plan 998:	Plan hasta los 12 MHz.
Plan 998E17:	Plan 998 extendido directamente hasta los 17,664 MHz.
Plan 998E30:	Plan 998 extendido directamente hasta los 30 MHz.
Plan 998ADE17:	Plan 998 extendido hasta 17,664 MHz utilizando la banda superior a 12 MHz. sólo para transmisión en el sentido red-usuario.
Plan 998ADE30:	Plan 998 extendido hasta los 30 MHz utilizando la banda superior a los 12 MHz. sólo para la transmisión en el sentido red-usuario.
Plan HPE17:	Plan que opera sólo en las bandas entre 7,05 y 17,664 MHz.
Plan HPE30:	Plan que opera sólo en las bandas entre 7,05 y 30 MHz.

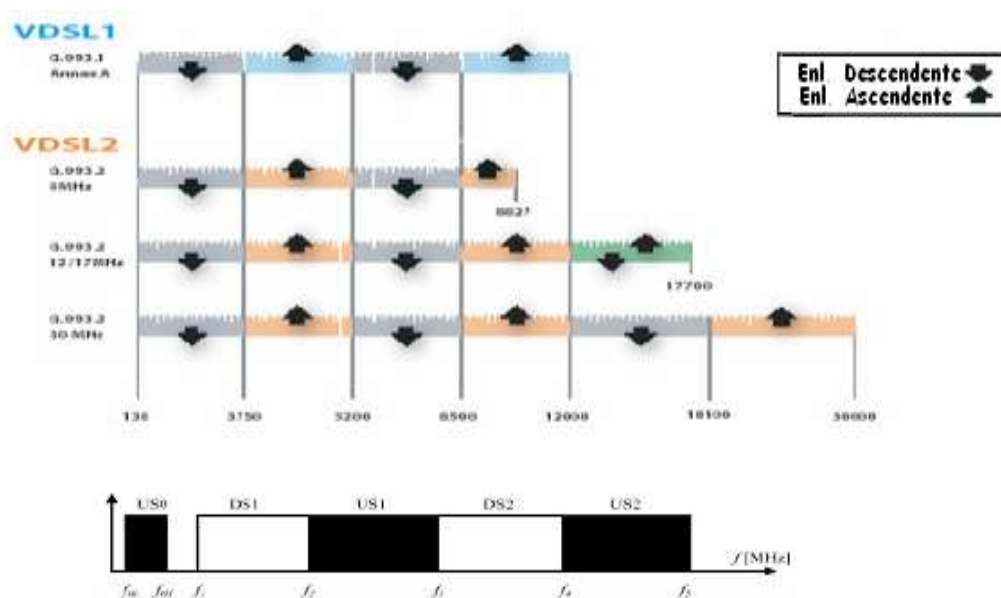
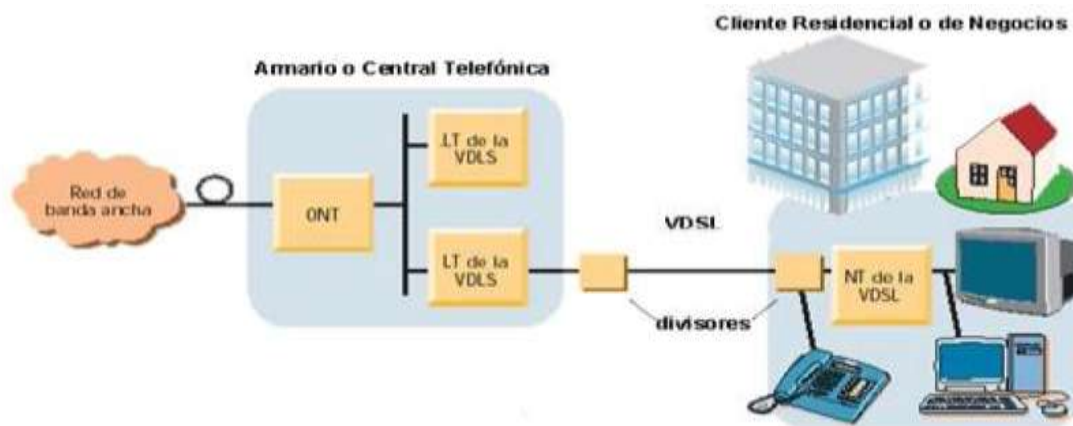


FIGURA 38 PLANES DE FRECUENCIA EN EUROPA PARA VDSL Y VDSL2

Las velocidades que resultan del uso de VDSL se dan gracias al concepto FTTC y FTTN del inglés *Fiber to the Curb* y *Fiber to the Neighborhood* o lo que es lo mismo, fibra hasta la acera o hasta la comunidad de vecinos. Esto hace que los sistemas VDSL sean más costosos que los ADSL tradicionales (hay más tendido de fibra óptica) pero, por otro lado, se consigue una distancia desde el abonado a la “central” menor, repercutiendo positivamente en las prestaciones de la línea.

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada al núcleo de red. Esta topología, como ya comentamos anteriormente, es la FTTC:



**FIGURA 39** TOPOLOGÍA DE RED FTTC

### ➤ MEJORAS CON VDSL2

El estándar ITU-T G.993.2 VDSL2 es el más nuevo y avanzado de comunicaciones DSL, y está diseñado para soportar los servicios conocidos como "Triple Play", tales como voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

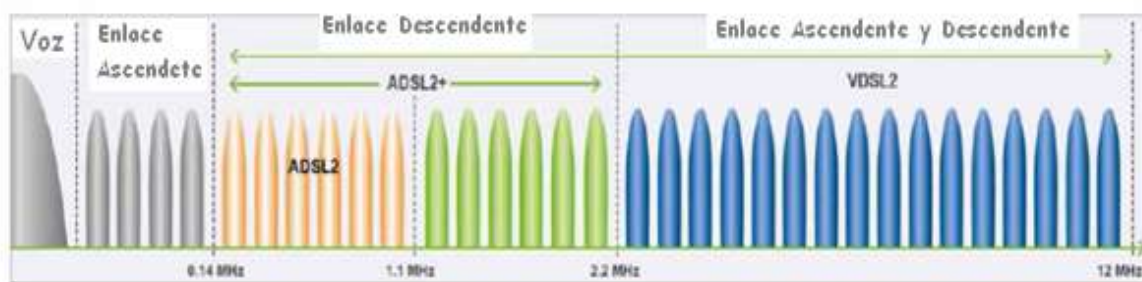
VDSL2 permite a las empresas y operadores actualizar gradualmente las líneas xDSL existentes, con un coste no muy elevado. ITU-T G.993.2 permite la transmisión simétrica o asimétrica de datos, llegando a velocidades superiores a 200 Mbps. Contra esta velocidad de transmisión actúa la rápida pérdida debido a la distancia, ya que los 250 Mbps que salen de la central se reducen a 100 Mbps a los 0,5 km, y a 50 Mbps a 1 km de distancia. A partir de ahí el descenso de velocidad es mucho menos precipitado, y la pérdida es menor en comparación con VDSL. A 1,6 km el rendimiento es igual al de ADSL2+.

Los objetivos de VDSL2:

- Mejorar prestaciones para los lazos más largos (más largos que VDSL1).
- Evolución respecto a ADSL2+. Espectro puede empezar 25kHz.
- Mejorar prestaciones para lazos muy cortos como evolución de VDSL1.
- VDSL1 espectro de 138kHz a 12MHz y VDSL2 puede llegar incluso a 30MHz.

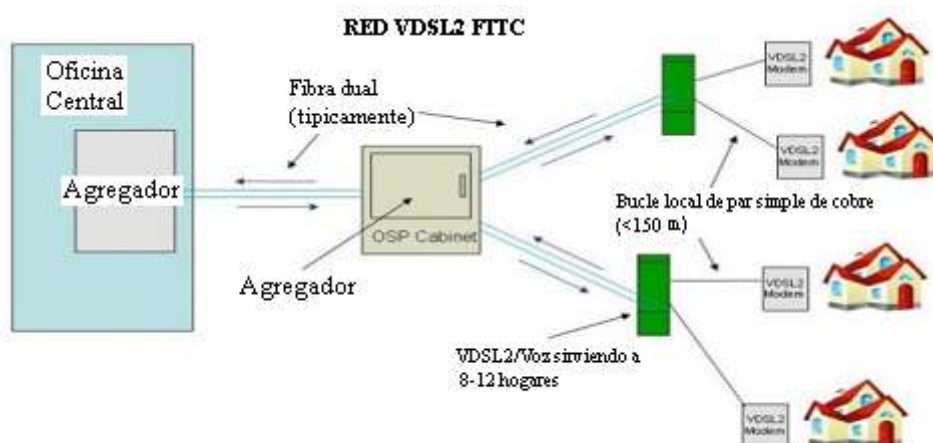
Como se ha mencionado, una vez superado el primer kilómetro de distancia a la central la tasa de pérdida es mucho más lenta, por lo que se consiguen velocidades del orden de 1 a 4 Mbps (enlace de bajada) a 4 ó 5 km de distancia. A medida que la longitud del bucle se acorta, sube la relación de simetría, llegando a más de 100 Mbps (tanto en el enlace de subida como en el de bajada) con las condiciones idóneas. De este modo la tecnología VDSL2 no está meramente limitada a cortos bucles, sino que puede ser utilizada con calidad en medias distancias.

En la siguiente figura podemos ver gráficamente una comparativa aclaratoria entre las frecuencias de ADSL o ADSL2 (son las mismas) que comprenden el rango de los 0,14MHz hasta los 1,1MHz. El ADSL2+ que sube hasta los 2,2MHz y el VDSL2 que viene a ser una nueva mejora del VDSL convencional y sube hasta los 12MHz. Resaltar que en el caso del VDSL2 las frecuencias se pueden usar indistintamente tanto de subida como de bajada no como en el caso de las ADSL y derivados.



**FIGURA 40** DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN VDSL2

Generalmente, en los sistemas VDSL2, el DSLAM se sitúa fuera de la central local y se aproxima al usuario en una topología FTTN, obteniendo una configuración más distribuida. Estos DSLAM van a dar cobertura solamente a unos 200 usuarios como máximo, mientras que los DSLAM en la central multiplexaban la señal de más de 1000 usuarios. Los fabricantes de DSLAM deben tener en cuenta además que ahora sus equipos no estarán en un ambiente controlado debiendo soportar temperaturas de entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $65^{\circ}\text{C}$  (del mismo modo que se diseñan para ser alimentados remotamente).



**FIGURA 41** ARQUITECTURA DE RED PARA VDSL2

## 4.1.2 REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC)

La tecnología HFC (red híbrida de fibra y cable, *Hybrid Fiber-Coaxial* en inglés) es una tecnología de acceso usada, inicialmente, para redes de televisión por cable que posteriormente se comenzó a utilizar para entregar, al mismo tiempo, servicios adicionales de forma integrada y a través de un único acceso. En las redes HFC se reemplaza parte de la red coaxial por fibra óptica para mejorar la prestación de servicios y conseguir bidireccionalidad en las transmisiones.

### 4.1.2.1 ORIGENES DE LAS REDES HFC

Las redes HFC son una evolución de las redes CATV (*Community Antenna Television*). Estas redes nacieron en EEUU en 1949 con el objetivo de resolver los problemas de cobertura en zonas en las que la recepción de la señal de televisión era deficiente, para ello se trataba de colocar las antenas para las redes HFC en sitio elevados donde se tuviera buena recepción y luego se distribuía la señal a los usuarios mediante cable coaxial.

Para cubrir mayores distancias se empleaba cable coaxial de  $75 \Omega$  que presenta menor atenuación. Además se colocaban amplificadores, en general, cada 0.5-1 km para mantener un nivel adecuado de señal, aunque esta distancia dependía del número de usuarios a los que iba destinada la señal y de la frecuencia máxima utilizada en la transmisión (cuanto más usuarios y mayor frecuencia cada menos distancia se tenían que colocar los amplificadores).

Otra característica de las redes CATV frente a las actuales redes HFC es que la comunicación en todo momento era unidireccional ya que se trataba de difundir la señal de televisión sin esperar comunicación en sentido ascendente, del usuario a la red. Por esta razón los amplificadores sólo amplificaban las señales en sentido descendente mientras que funcionaban también impidiendo que cualquier señal proveniente del usuario lograra alcanzar la red.

A finales de los años 80 aparecen las primeras redes HFC como mejora de las iniciales redes CATV. Las redes HFC están formadas por un primer tendido de fibra desde el centro emisor (cabecera) hasta cada zona de la ciudad en donde se encuentra un nodo que se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica para posteriormente distribuirla mediante un segundo tendido de cable coaxial a los usuarios finales. Cada una de estas zonas estaba destinada a cubrir una media de entre 500 a 2.000 viviendas de tal manera que el número máximo de amplificadores que se tengan que utilizar en su camino no superen los 5 mejorando, de este modo, la calidad de la señal y la sencillez de mantenimiento de la misma.

Como características importantes de las redes HFC, desde su concepción, resaltar las siguientes: posibilidad de enviar una señal analógica a través de la fibra sin necesidad de digitalizarla previamente y facilidad para usar la misma red para el tráfico ascendente (permitiendo al operador monitorizar la red y agregar servicios de valor añadido tales como Internet).



#### 4.1.2.2 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC

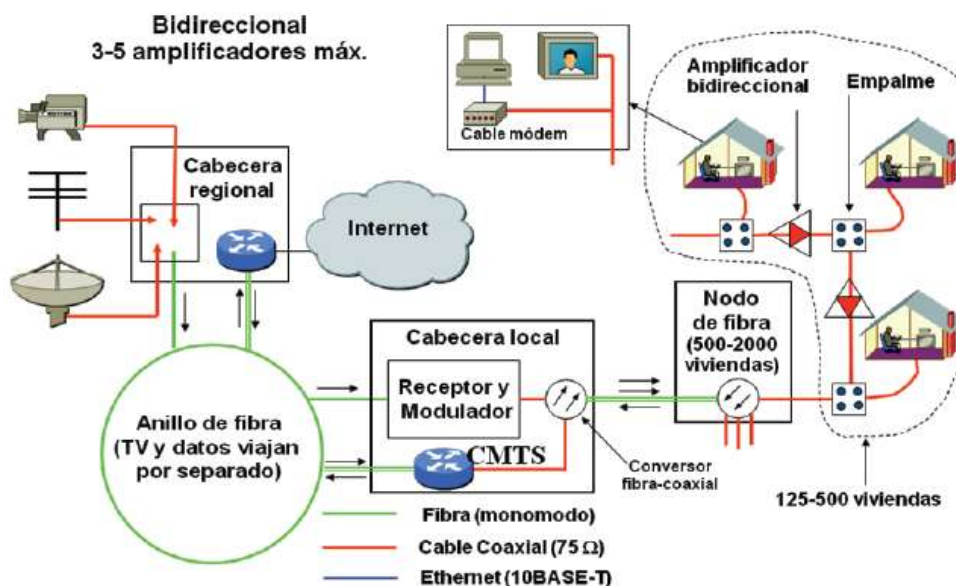


FIGURA 42 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC

Como vemos en la figura anterior, comúnmente una red HFC se compone de un anillo central de fibra óptica que se encarga de distribuir la señal desde el centro emisor ubicado en la cabecera regional a una serie de concentradores (cabeceras locales). Cada uno de estos concentradores, a su vez, reenvían la señal (también por fibra óptica) a una serie de convertidores opto-eléctricos y desde éstos, mediante cable coaxial, a los abonados. Veamos con un poco más de detalle cada uno de estos elementos de red:

- **Cabecera de red (cabecera regional):** se encarga de recoger, comprimir y multiplexar las distintas señales ofrecidas por el operador de cable. Una cabecera de red puede atender a millones de hogares.
- **Nodos de Red (cabeceras locales):** la cabecera de red alimenta a varios nodos de red que incluyen generalmente amplificadores y divisores ópticos. Un nodo de red puede atender hasta unos 80.000 hogares. Es aquí también en donde se encuentra ubicado el CMTS o “Cable Modem Termination System” de forma centralizada o distribuida. El CMTS es el dispositivo que se encarga de enviar los datos en sentido descendente modulados por el canal de televisión elegido al efecto y también recogen de los usuarios los datos que éstos envían a través del canal ascendente asignado.
- **Nodos de fibra (nodos locales):** son los elementos intermedios de red, que se encargan de amplificar y distribuir la señal. Uno de estos nodos puede atender hasta 40.000 hogares.
- **Terminal de red óptica (TRO), conversor fibra-coaxial:** realiza la conversión electro-óptica y procesa la señal ascendente para su transmisión al nodo local. Un terminal de red óptica puede atender a unos 500 usuarios, aunque normalmente se establece un número inferior (la mitad, por ejemplo) con objeto de facilitar la implementación del canal ascendente.

Del lado de los usuarios, éstos se conectarán a la red HFC en el llamado PTR o Punto de Terminación de Red (comúnmente conocido como “*Cable Modem*”) que se instalará en su domicilio. El “Cable Modem” (CM) se encargará de sintonizar el canal de televisión elegido para los datos y extraer los que le corresponden, aquellos datos que van dirigidos a él y aquellos que quiere enviar a otra persona ya sea en la misma red (cabecera local) o diferente, esto se realiza por el canal ascendente.

#### 4.1.2.3 ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO EN REDES HFC

La señal de televisión utiliza el rango de frecuencias entre los 50 y los 500 MHz (salvo la banda FM, de los 87.5 a los 108 MHz para radiodifusión) para el sentido descendente de las señales analógicas de TV y el rango de frecuencias entre los 500 a los 750/860 MHz para los servicios digitales (televisión digital, Internet y VoIP). Para el sentido ascendente se utilizan frecuencias entre los 5 y los 42 MHz principalmente para el retorno de los datos provenientes de los clientes. Como el ancho de banda ascendente es un recurso limitado debe ser compartido por todos los usuarios haciendo uso de técnicas de acceso al medio de tal manera que para evitar las colisiones cada Cable Modem (CM) solicita la asignación de un time slot para poder transmitir. El CMTS, por su parte, asigna ventanas de tiempo para que los CM reserven un espacio para transmitir siendo durante este proceso el único momento en el que si pueden colisionar varios CMs. Periódicamente el CMTS envía mensajes de broadcast garantizando a cada CM un timeslot de acuerdo al tipo de servicio y prioridad.

Este ancho de banda suele dividirse en varios canales RF ascendentes, de 1 a 6 MHz cada uno, con capacidad entre 1.6 y 10 Mbps por canal, de acuerdo al uso de técnicas de modulación digital (por ejemplo modulación QPSK) y normalizadas según el estándar DOCSIS que veremos más adelante con más detalle.

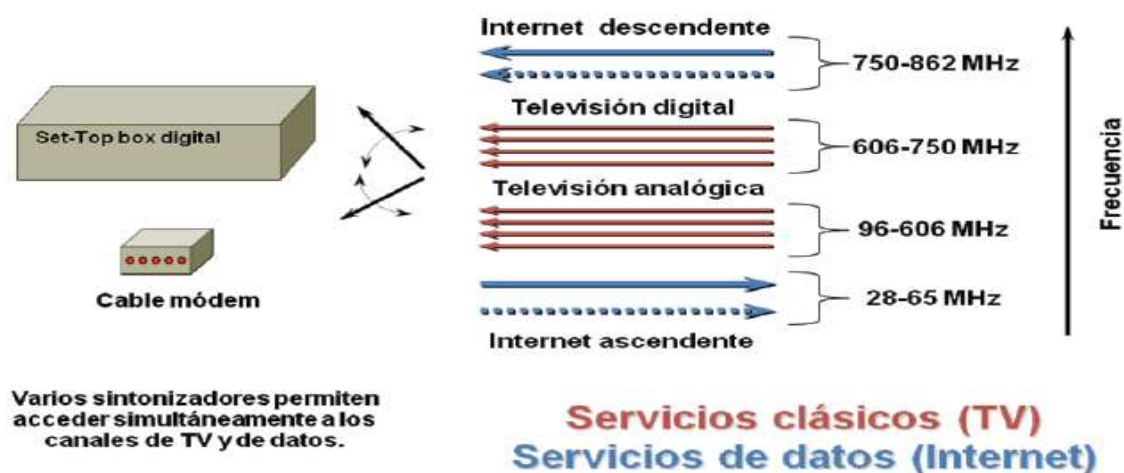


FIGURA 43 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN REDES HFC EN EUROPA



Ancho de banda Descendente (96-862 MHz para Europa o 54-860 MHz para América, SNR>34 dB, generalmente 46dB)

Transporta las señales generadas en la red, típicamente en la cabecera, y dirigida a los usuarios. La banda de radiodifusión de FM es respetada colocando las emisoras en sus mismas frecuencias, de esta manera se evitan interferencias y se permite al usuario sintonizar las emisoras de FM por medio de la red de cable. Después de la banda de radiodifusión FM hay 10 MHz libres antes del primer canal de televisión, éstos se pueden aprovechar para enviar emisiones de radio digital (DAB, *Digital Audio Broadcast*). A partir de 550MHz hasta los 750MHz se colocan las emisiones de televisión digital M-PEG2. Con una estimación de 5 canales digitales por canal analógico, se podrían colocar en esta banda 90 canales digitales (que se suman a los canales analógicos). Finalmente, de la banda de 750 a 862MHz queda reservada para el servicio de datos.

Servicio	Banda (MHz)	Ancho de Banda (MHz)	Ancho por canal (MHz)	Número de canales
Radiodifusión FM	87.5 - 108	20.5	0.15	136
Radio Digital (DAB)	108-118	10	-	-
TV Analógica PAL B	118-300	182	7	26
TV Analógica PAL G	302-606	304	8	38
TV Digital (MPEG-2)	606-750	144	1.6	90
Datos (Internet)	750-862	112	8	14

**TABLA 10** SERVICIOS Y DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN EL ENLACE DESCENDENTE

Ancho de banda Ascendente (5-65 MHz para Europa o 5-42 MHz para América, SNR>25dB)

Soporta las señales generadas por los usuarios, como la telefonía, datos, solicitudes de vídeo bajo demanda (*Video on Demand*, VoD), pago por visión (*Pay Per View*, PPV), etc. En el sentido ascendente se tiene una menor relación señal/ruido debido a dos razones:

- El rango de frecuencias es más sucio desde el punto de vista electromagnético, debido a la presencia de diversas señales como radiodifusión comercial de onda corta, banda ciudadana, bandas militares, navegación aérea y naval, entre otros. Las bandas más nocivas para las redes CATV HFC son las bandas de radiodifusión comercial porque tienen emisoras de mucha potencia; por el contrario, las bandas de radioaficionados y la ciudadana son de baja potencia.
- Los amplificadores que trabajan en sentido inverso recogen la señal de todos los abonados de la zona; una manipulación incorrecta de un abonado en su televisor puede introducir ruido en la red que será amplificado y afectará a los demás usuarios de la zona (“efecto embudo”).

Servicio	Banda (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
Supervisión de la red (uso reducido por el ruido)	5-25	20
Reserva	25-28	3
Datos (Internet)	28-40	12
Banda de guarda	40-42	2
Señalización interactiva. Pago por visión	42-45	3
Datos (Internet)	45-52	7
Banda de guarda	52-54	2
Datos (Internet)	54-65	11

**TABLA 11** SERVICIOS Y DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN EL ENLACE ASCENDENTE

#### 4.1.2.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN Y CAUDALES BRUTOS EN REDES HFC

Las técnicas de modulación empleadas en redes CATV son diferentes en sentido ascendente y descendente, ya que la menor relación señal/ruido del canal ascendente obliga a utilizar técnicas más robustas que en el descendente. De acuerdo con lo que cabría esperar por la Ley de Shannon las modulaciones más resistentes al ruido tienen una eficiencia en bits por símbolo menor.

En ascendente se emplea normalmente la modulación QPSK, pudiendo alternativamente emplear 16QAM, que requiere un relación señal a ruido 3dB mayor y que también requiere una mayor complejidad de los circuitos y por tanto un mayor costo.

En descendente se utiliza normalmente modulación 64 QAM, pudiendo emplearse también 256 QAM. Aquí de nuevo la mayor eficiencia requiere una mayor calidad del canal y supone un mayor costo de los equipos. Debido al mayor costo de 16 QAM y 256 QAM en general se prefiere utilizar QPSK y 64 QAM y recurrir a la utilización de canales adicionales cuando se necesita mayor capacidad.

Modulación	Sentido	Bits/simb.	SNR mínima
QPSK	Ascendente	2	>21 dB
16 QAM	Ascendente	4	>24 dB
64 QAM	Descendente	6	>25 dB
256 QAM	Descendente	8	>33 dB

**TABLA 12** TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN REDES HFC

El número de símbolos transmitidos por segundo no puede superar el ancho del canal en hercios; en realidad es algo menor, para asegurar una suficiente separación entre canales contiguos. En los canales ascendentes el número de símbolos por segundo es en todos los casos un 20% inferior al ancho del canal, con lo que se tiene una margen de separación del 10% a cada lado.

Ancho de Banda (MHz)	Kbaudios	QPSK	16 QAM
0.2	160	0.32 (0.3)	0.64 (0.6)
0.4	320	0.64 (0.6)	1.28 (1.2)
0.8	640	1.28 (1.2)	2.56 (2.3)
1.6	1280	2.56 (2.3)	5.12 (4.6)
3.2	2560	5.12 (4.6)	10.24 (9.0)
6.4 (sólo en DOCSIS 2.0)	5120	10.24 (9.0)	20.48 (18.0)

**TABLA 13** CAUDALES EN MBPS EN EL ENLACE ASCENDENTE SEGÚN LA MODULACIÓN EMPLEADA

Los descendentes, que pueden ser de 6 u 8 MHz de anchura según se utilice la norma americana (NTSC) o europea (PAL), tienen un margen de aproximadamente 500 KHz a cada lado. Conociendo el caudal en símbolos por segundo y el tipo de modulación se calcula el caudal en bps. Hay que tener en cuenta que los presentados son los caudales a nivel físico, debido al encabezado introducido por el Código Corrector de Errores (FEC) y otros factores (protocolo MAC) los caudales son aproximadamente un 15% inferiores en sentido ascendente y un 10% menor en el descendente.

Ancho de Banda (MHz)	Kbaudios	64 QAM	256 QAM
6	5057	30.34 (27)	42.88 (38)
8	6952	40.44 (36)	55.62 (51)

**TABLA 14** CAUDALES EN MBPS EN EL ENLACE DESCENDENTE SEGÚN LA MODULACIÓN EMPLEADA

#### 4.1.2.5 DOCSIS 3.0

Ya hemos mencionado anteriormente el estándar DOCSIS pero ¿en qué consiste exactamente?. El DOCSIS (del inglés “*Data Over Cable Services Interface Specification*”) es, como su propio nombre indica, una especificación de interfaz sobre servicios de datos por cable que fue desarrollada por Cablelabs, consorcio sin ánimo de lucro de investigación y desarrollo al que pertenecen, a día de hoy, la mayoría de los fabricantes y operadores de cable.

Antes de la aparición del estándar DOCSIS los primeros módems de cable que aparecieron en el mercado eran propietarios con los consiguientes problemas de interoperabilidad con respecto a los CMTS (*Cable Modem Termination System*) de los operadores de red. Con la aparición de la primera versión del estándar DOCSIS, DOCSIS 1.0 en marzo de 1997, se consiguieron eliminar estos problemas aportando ventajas adicionales como la de posibilitar garantizar la calidad de servicio, ya que los operadores eran capaces de clasificar los tipos de flujo que provenían del módem y, en consecuencia, podían proporcionar diferentes niveles de servicio.

Respecto a la versión inicial del estándar se han ido desarrollando sucesivas versiones, mejorando distintos aspectos del mismo hasta la presentación en agosto de 2010 de la última de ellas, el DOCSIS 3.0. Veamos la evolución que ha sufrido este estándar y las características de la última y novedosa versión 3.0:

1. DE DOCSIS 1.0 A DOCSIS 1.1 (ABRIL DE 1999): Se incorporan mejoras orientadas a soportar diversos servicios como voz o video, aparte de datos, a través de la incorporación de distintas calidades de servicio (*Quality of Service*, QoS), se mejora la seguridad mediante la introducción de la autenticación, se suprime el encabezado ganando de esta manera ancho de banda útil y se introduce la fragmentación de paquetes grandes para facilitar la asignación de capacidad para servicios tipo CBR (ej voz y video).
2. DE DOCSIS 1.x A DOCSIS 2.0 (DICIEMBRE DE 2001): se mejora la robustez frente al ruido y, como consecuencia, se consigue mejorar la utilización del ancho de banda de subida al permitir trabajar en bandas antes prohibidas por problemas de ruido, adicionalmente se aumenta el caudal de datos a través de modulaciones más altas (como la 64QAM en el enlace ascendente y canales de 6,4 Mhz) permitiendo balanceo de carga y se añade la posibilidad de tener transmisiones simétricas.
3. DOCSIS 3.0 (AGOSTO DE 2010): la principal mejora del DOCSIS 3.0 es la unión de canales de red o “bonding” (tanto en el enlace descendente como en el ascendente), es decir, la “suma” de canales para obtener mayores velocidades de datos y la asignación dinámica de ancho de banda permitiendo incrementar la capacidad máxima de bajada hasta 1 Gbps. Esta nueva versión incorpora también mejoras en el control de la calidad de servicio (QoS) y proporciona soporte para IPv6. De este modo, los primeros chipsets para el CMTS comercializados para DOCSIS 3 venían equipados con cuatro canales para la bajada y dos para la subida sin embargo la especificación no limita el número de canales que pueden utilizarse siempre debiéndose tener en cuenta que cada nuevo canal que se añada tendrá que tener una frecuencia más alta y, por tanto, una atenuación y ruido mayores debido a la utilización de dicha frecuencia más alta. Como ejemplo, la empresa Broadcom presentó hace un par de años la segunda generación de chipsets DOCSIS 3 con soporte para 8 canales de bajada y 4 de subida permitiendo, con ello, transportar hasta 320 Mbps de bajada y 160 Mbps de subida.

### 4.1.3 FIBRA ÓPTICA (FTTx)

Las siglas FTTx hacen referencia a las tecnologías de banda ancha fija basadas en fibra (*Fiber To The x*, en inglés), donde x denota distintos destinos. Siendo los más importantes los siguientes:

- 1.- **FTTH (*Fiber To The Home*)**, o lo que es lo mismo “Fibra hasta el hogar”. En este caso la fibra llegará hasta el interior o la misma fachada de la casa u oficina del abonado.
- 2.- **FTTB (*Fiber To The Building*)/ FTTC (*Fiber To The Curb*)**, o lo que es lo mismo “Fibra hasta el edificio” o “Fibra hasta la acera”. En este caso la fibra no llega hasta la propia casa del abonado si no que termina antes, generalmente en un punto de distribución intermedio en el interior o cerca del edificio del/los abonado/s. Como vimos anteriormente, éste suele ser el caso cuando desde este punto de distribución intermedio se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2. La ventaja de esta tecnología es que permite un despliegue progresivo de la fibra óptica, en menos tiempo y con menos coste ya que se reutiliza la infraestructura existente hasta casa del abonado.
- 3.- **FTTN (*Fiber To The Neighbourhood*)**, o lo que es lo mismo “Fibra hasta el vecindario”. Se trata de una solución en la que la fibra termina incluso más lejos que en el caso anterior, generalmente en las inmediaciones del barrio.

Las soluciones tecnológicas para ofrecer FTTx se pueden dividir en dos categorías: PON (*Passive Optical Networks*) o ASON (*Active Optical Networks*). Las primeras no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador mientras que en las segundas si resulta imprescindible el uso de este tipo de elementos. No es de extrañar, por tanto, que hayan sido las tecnologías PON y en especial GPON (*Gigabit PON*) las que más interés están recabando, ya que al no necesitar de elementos electrónicos u optoelectrónicos activos la inversión y los costes de mantenimiento asociados a su despliegue son considerablemente menores que en el caso de tecnologías ASON.

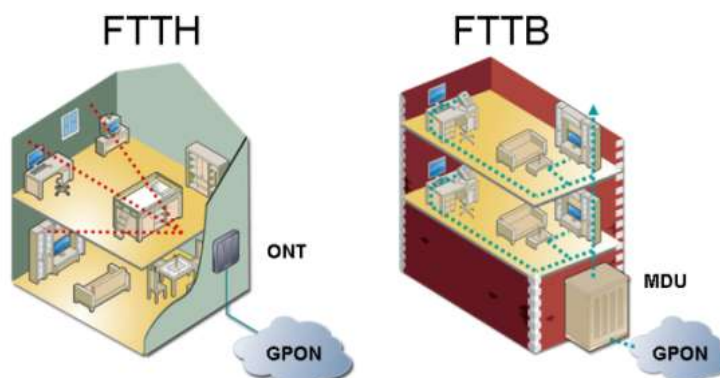


FIGURA 44 ESCENARIOS DE FIBRA HASTA EL HOGAR Y HASTA EL EDIFICIO

#### 4.1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE GPON

Los antecedentes de esta tecnología se remontan a 1995 con la aparición del grupo de trabajo FSAN (*Full Service Access Network*). Este grupo estaba formado por los principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo y nació con el objetivo de mejorar la interoperabilidad y de conseguir reducir el precio de los equipos PON. Las especificaciones que surgieron de este grupo de trabajo en relación a los equipos PON fueron transmitidas al UIT para su estandarización, siendo este organismo el encargado de comenzar la estandarización de GPON en el año 2002.

La tecnología GPON ofrece mejoras considerables con respecto a las tecnologías PON predecesoras (APON, *ATM PON*, y BPON, *Broadband PON*) basadas en ATM y que ofrecían velocidades menores. En GPON, sin embargo, convergen voz, datos y vídeo sobre la misma infraestructura IP lo que supone menor complejidad, mayor flexibilidad y mayor capacidad para acomodar los servicios tanto actuales como futuros a menor coste para las operadoras (menor CAPEX y OPEX).

Los estándares de la tecnología GPON se encuentran recogidos a través de un conjunto de recomendaciones de la UIT, G.984.x (x=1,2,3,4,etc). La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2.5 Gbps en bajada y de 1.25 Gbps en subida pudiéndose proporcionar, bajo ciertas configuraciones, hasta los 100 Mbps por abonado.

Esta tecnología emplea GEM (*GPON Encapsulation Method*) como método de encapsulación gracias al cual se soporta cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.). El GEM es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125  $\mu$ s. Gracias a este protocolo de transporte GPON permite seguir ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de los abonados, aumentando la eficiencia y ofreciendo mayor ancho de banda respecto a las restantes tecnologías que hemos ido analizando.

Otra característica importante de las tecnologías PON, y de GPON en concreto, es la denominada “Asignación dinámica del ancho de banda” o DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*) del PON punto a multipunto, que permite a los operadores ofrecer mayor ancho de banda (capacidad de sobresuscripción) cuando un abonado lo requiera y no haya abonados en el mismo PON empleando todo su ancho de banda disponible.

#### 4.1.3.2 FUNCIONAMIENTO DE GPON

La red GPON consta de dos elementos fundamentales: el OLT (*Optical Line Terminal*) y el ONT (*Optical Networking Terminal*). El primero de ellos ubicado en las dependencias del operador mientras que el segundo ubicado en las dependencias de los abonados a tecnologías FTTH.



Veamos el diagrama genérico de una red GPON:

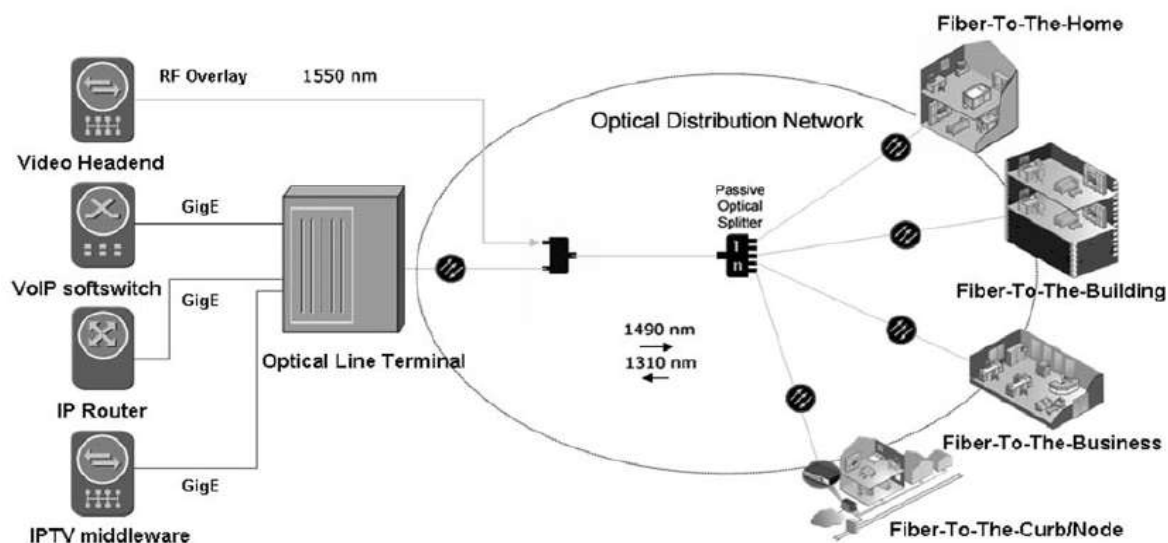


FIGURA 45 DIAGRAMA GENÉRICO DE UNA RED GPON

En las arquitecturas FTTN o FTTB las ONT son sustituidas por MDUs (*Multi Dwelling Units*) para proveer VDSL2 hasta la casa de los abonados tratando de proporcionar, como vimos en el primer apartado del presente capítulo, un bucle de abonado lo suficientemente corto para conseguir velocidades altas y simétricas de hasta 100 Mbps (la simetría en la velocidades de subida y bajada resulta cada vez más importante dado que los usuarios residenciales se van convirtiendo, cada día más, en generadores de contenidos). Del mismo modo, las empresas a las que se les provee de este tipo de tecnología pueden ser equipadas igualmente con MDUs que soporten tanto puertos Gigabit Ethernet, voz y E1.

En lo que se refiere a los OLT, éstos van a constar con varios puertos de línea GPON cada uno soportando hasta 128 ONT (típicamente hasta 64). Si se compara con lo que sería un DSLAM (equipo central en las tecnologías xDSL), existen OLTs que pueden llegar a soportar hasta 7000 ONTs (dependiendo del fabricante) en el mismo espacio que ocuparía ese DSLAM.

Como se puede ver en la figura 45, las redes GPON usan divisores pasivos (*splitters*) para dividir la señal de luz a su entrada en varias salidas haciendo posible que el tráfico de bajada (enlace descendente) proveniente del OLT pueda ser distribuido entre varios usuarios. Para alcanzar a los clientes, por tanto, habrá  $N$  *splitters* (donde  $N=2,4,8,16,32,64$  o  $128$ ) distribuidos en diferentes emplazamientos. Esta es la llamada arquitectura “punto a multipunto” o topología “en árbol”.

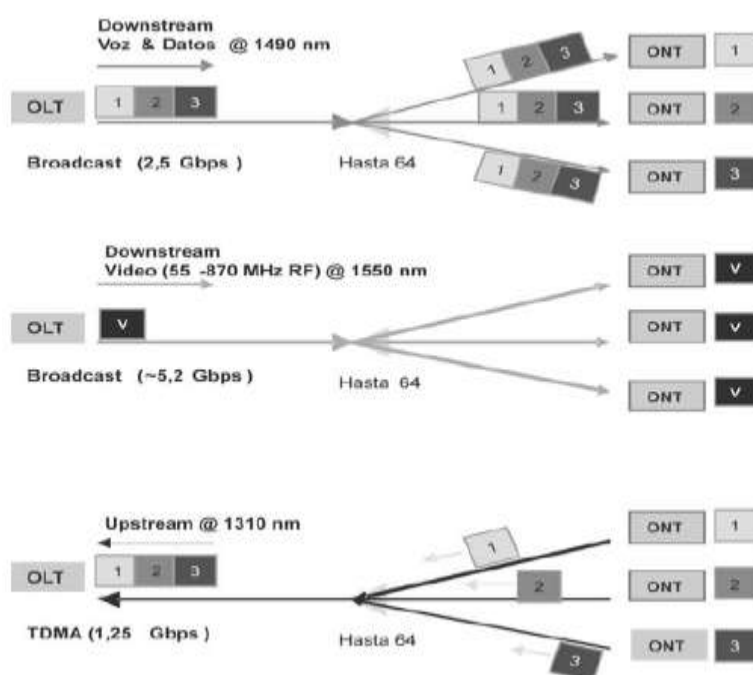
En el caso del tráfico de subida (enlace de subida), los datos desde los distintos ONTs (que irán a una longitud de onda distinta para evitar colisiones con los datos de bajada) serán agregados por el mismo *splitter* que hará, pues, de divisor en un sentido y de combinador en la otra dirección del tráfico haciendo posible que el OLT recoja el tráfico sobre la misma fibra óptica por la que envía el tráfico descendente.

En el caso del tráfico descendente, se realiza una transmisión en modo *broadcast* óptico de los datos. Posteriormente, cada ONT, sólo será capaz de procesar el tráfico a él



destinado o al que tiene acceso por parte del operador, gracias al empleo de técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). Por otro lado, para el tráfico proveniente de las ONTs o MDUs (tráfico de subida o upstream) se usarán protocolos *TDMA* para asegurar una transmisión sin colisiones. Estas técnicas *TDMA* permiten, al mismo tiempo, la transmisión sólo cuando sea necesario evitando las ineficacias de las tecnologías *TDM* en donde el periodo de transmisión es fijo e independiente de que se tengan o no datos disponibles para el envío.

Como hemos comentado anteriormente, en las redes GPON se usan longitudes de onda distintas para el tráfico descendente (1.490 nm) y para el tráfico ascendente (1.310 nm). Adicionalmente, y como aparece reflejado en la figura 46, gracias a tecnologías WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) se consigue asignar una tercera longitud de onda (1.550 nm) destinada al tráfico *broadcast* de vídeo RF (radiofrecuencia).



**FIGURA 46** DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO EN REDES GPON

De este modo, las redes GPON permiten ofrecer servicios de vídeo y televisión mediante dos métodos distintos de manera simultánea: radiofrecuencia e *IPTV*. Gracias a esta característica de las redes GPON las operadoras de cable podrán hacer una migración gradual hacia *IPTV* (por ejemplo lo que está haciendo ONO en España). Para conseguir lo anterior, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá directamente conectada al STB (Set-Top-Box) tradicional. Con *IPTV* la señal de vídeo, previamente convertida a tráfico IP por la cabecera de cable, se transmite por el mismo enlace IP que utilizan los datos provenientes del tráfico de Internet. El STB conectado al ONT mediante Gigabit Ethernet convertirá de nuevo los datos IP a señal de vídeo. Todo esto es posible gracias a que los equipos que componen la red GPON incorporan avanzadas capacidades de calidad de servicio (QoS) y *multicast* IP permitiendo a los operadores ofrecer varios canales *IPTV* de alta calidad de imagen y sonido (incluido HDTV) así como servicios interactivos y personalizados.

#### 4.1.3.3 NUEVA GENERACIÓN DE REDES PON

Como vimos al comienzo del presente capítulo, resulta muy importante que una tecnología pueda ir adaptándose a nuevos requerimientos para que dicha tecnología se convierta en una tecnología de éxito y con futuro. Este fue el caso del ADSL alrededor del cual, como ya hemos visto, se fueron desarrollando tecnologías compatibles hacia atrás con características mejoradas con respecto a sus tecnologías precedentes (ADSL2, ADSL2+ o VDSL2). Siguiendo este principio, la tecnología GPON también ofrece este mecanismo de evolución permitiendo la reutilización de la mayor parte de la red de distribución óptico u ODN (*Optical Distribution Network*).

Aunque se presupone que la tecnología GPON será la tecnología predominante en los próximos años existen ya varias propuestas de evolución de las PON conocidas con el nombre de NG-PON (*Next Generation PON*). El objetivo de estas nuevas redes consiste en tratar de incrementar el ancho de banda disponible a la vez que se aumenta igualmente el alcance con respecto a las redes GPON. Como objetivo adicional y de gran importancia, se encuentra el tratar de reutilizar al máximo la red pasiva previamente instalada, ya que el despliegue de esta red (junto con la obra civil y el equipamiento pasivo) supone alrededor del 75%-85% del coste de un operador a la hora de proporcionar un servicio a través de este tipo de redes.

Veamos cuales son las propuestas existentes de NG-PONs:

- I. XG-PON (TEN GIGABIT PON): se considera que a medio plazo ésta será la tecnología que se despliegue. Esta tecnología emplea de nuevo TDM (*Time Division Multiplexing*) pero permitiendo una mayor velocidad de línea (alcanzando hasta los 10Gbps). En este caso la ODN es completamente compatible hacia atrás con redes GPON. Esta tecnología se divide, a su vez, en dos tipos: XG-PON1 que soporta 10 Gbps en tráfico de bajada y 2.5 Gbps en tráfico de subida, y XG-PON2 que soporta 10Gbps en ambos sentidos.

Mientras que XG-PON1 es la tecnología predilecta para ONTs, XG-PON2 lo es para MDUs. Aunque ya se han llevado a cabo pruebas piloto, los equipos comerciales no se prevén que estén disponibles a nivel comercial antes de 2011/2012 ya que los estándares de este tipo de tecnología no se han finalizado hasta mediados de 2010 y el coste de esta tecnología es superior a GPON, su consumo energético es mayor y las necesidades de ancho de banda a corto/medio plazo están cubiertas por esta última tecnología. En cualquier caso, es de esperar que GPON y XG-PON coexistan en el futuro durante varios años siguiendo un camino de migración gradual definido por el UIT.

- II. WDM-PON: más a largo plazo se prevé el despliegue de este tipo de tecnología que se basa en el uso de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) de tal manera que a cada ONT o MDU le llegará una longitud de onda. Si pensamos en una longitud de onda como en un canal lógico punto a punto podemos concluir que mediante esta tecnología vamos a poder transportar velocidades de hasta 10 Gbps dedicadas para cada usuario. En este caso, sin embargo, la ODN no se va a mantener intacta si no que va a ser necesario el cambio, al menos, de los *splitters* pasivos por multiplexores/demultiplexores pasivos o AWG (*Arrayed Wavelength Grating*).

Del mismo modo que comentamos en el caso anterior, también en este caso se han desplegado a día de hoy varias experiencias pilotos usando esta tecnología. Estos despliegues piloto han demostrado, sin embargo, que a día de hoy la tecnología no está lo suficientemente madura para un despliegue masivo ya que sus costes son muy superiores a GPON. A este problema se le une el hecho de que aún no existe un estándar elaborado por la UIT en este aspecto por lo que no se esperan productos comerciales para desplieguen masivos antes del 2013.

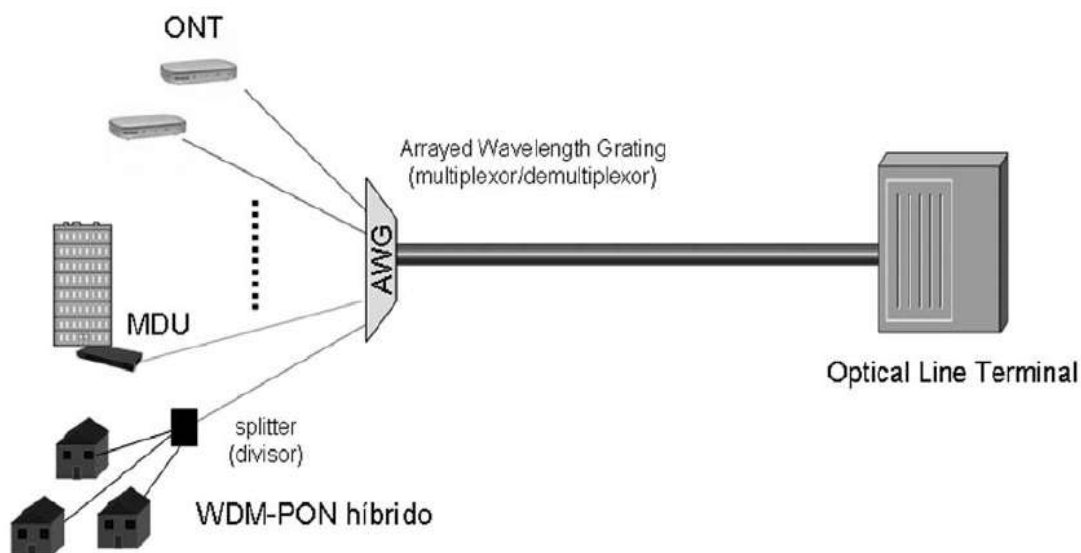


FIGURA 47 ARQUITECTURA DE RED EN WDM-PON

## 4.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA

### 4.2.1 HSPA+ (High-Speed Packet Access Plus) Y DC-HSPA (Dual-Cell HSPA)

#### 4.2.1.1 ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS REDES 3G

Cuando se habla de la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles celulares se suele hablar de “generaciones”. Así, se consideran las siguientes:

- Primera generación (generación analógica): surgió a finales de la década de los 70 y principios de los 80 ofreciendo como único servicio la telefonía básica. Dentro de los sistemas de primera generación tendríamos los siguientes: NMT (*Nordic Mobile Telephony*), AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), TACS y sus variantes (*Total Access Communication System*) y el sistema japonés analógico propietario de NTT.
- Segunda generación (generación digital): surge a principios de los años 90 y se basa en el empleo de transmisión digital en la interfaz radio, mejorando la calidad de las comunicaciones, mediante técnicas de corrección de errores por ejemplo, y proporcionando mayor capacidad a los sistemas. Se consiguen añadir otros servicios al de telefonía básica, como el envío de mensajes cortos y servicios portadores de datos en modo circuito. A nivel Europeo, el estándar implantado fue GSM (*Global System for Mobile Communications*) en sus tres bandas de operación (900/1800/1900 MHz). Estos sistemas, sin embargo, tenían una gran limitación en lo relativo a servicios de datos (GSM ofrece servicios de datos en modo circuito hasta 9600 bps) debida, fundamentalmente, a la tecnología de acceso empleada por este tipo de sistemas, tanto en la interfaz radio, basada en una combinación de técnicas FDMA/TDMA, como en la red de acceso, donde se utiliza conmutación de circuitos.

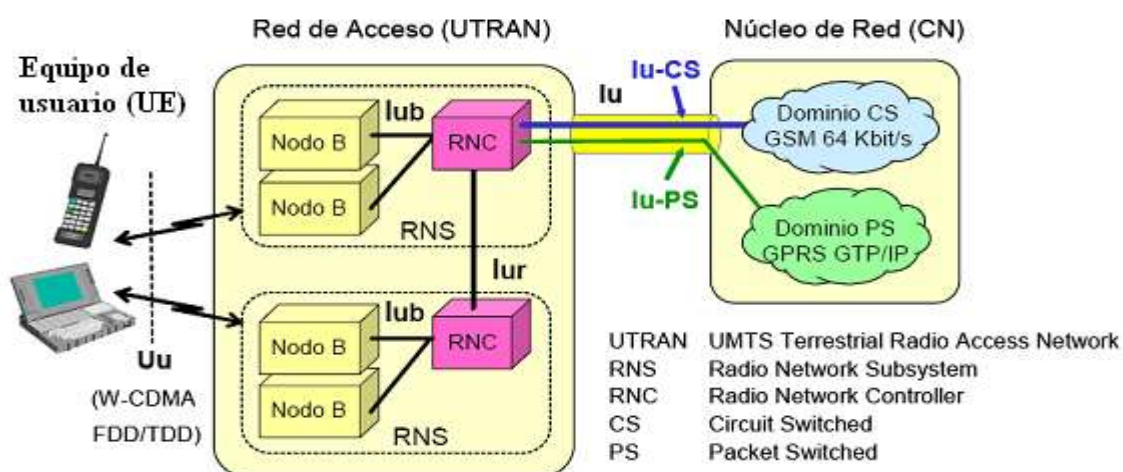
Para solucionar este problema y proporcionar mayores velocidades se definieron varias extensiones a los sistemas 2G que introducían nuevas modalidades de explotación de la interfaz radio dando lugar a lo que se conoce como sistemas de 2.5G. Entre estas extensiones tendríamos: GPRS (*General Packet Radio Service*), que permitía ofrecer al usuario velocidades máximas teóricas de hasta 171.2 y 115.2 kbps, y EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*), con velocidades teóricas hasta los 384 kbps.

- Tercera generación: Aunque los sistemas de generación 2.5 suponen mejoras significativas respecto de los sistemas 2G, resultan insuficientes para satisfacer la demanda creciente de mayores anchos de banda para el soporte de servicios avanzados, especialmente los servicios multimedia (audio, vídeo y datos). Para satisfacer dicha demanda fue necesario dar un salto tecnológico importante para conseguir un interfaz radio de mayor capacidad. Así, UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), estándar 3G implantado a nivel europeo, se basa en el empleo de una interfaz radio basada en *W-CDMA* con dos modos de operación (FDD y TDD) y una tasa de operación de 3.84 Mbps. Este estándar se enmarca dentro del marco global de sistemas 3G promovido por la UIT en su propuesta IMT-2000.

Inicialmente fue promovido por el ETSI, pero su especificación actualmente corre a cargo del foro 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), participado por varios organismos de normalización regionales.

### ➤ ARQUITECTURA BÁSICA DE UNA RED 3G

La arquitectura básica de una red UMTS está compuesta por tres partes fundamentales: los equipos de usuario (UE, *User Equipment*), la red de acceso radio (UTRAN, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*) y el núcleo de red (CN, *Core Network*):



**FIGURA 48** ARQUITECTURA DE RED EN SISTEMAS UMTS

Los equipos de usuario acceden a la red a través de la interfaz radio (Uu). La red de acceso radio (UTRAN) se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil-red) hasta el núcleo de red (CN), con el que se comunica a través de la interfaz Iu. Dentro del núcleo de red se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer a la red UMTS o a una red externa.

La red de acceso UMTS consta de uno o más subsistemas RNS (*Radio Network Subsystem*). Cada RNS cubre un conjunto de celdas UMTS, siendo responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (*Radio Network Controller*) y un conjunto de estaciones base (Nodos B).

Dentro de la red radio se definen dos tipos de interfaces: la interfaz Iub entre cada Nodo B y el RNC que lo controla y la interfaz Iur entre RNCs. Esta última interfaz, sin equivalente en las redes 2G, permite la comunicación directa entre RNCs para el soporte de trasposos suaves (*Soft-Handover*) entre estaciones base pertenecientes a distintos RNCs. La red radio también posee dos interfaces externas: la interfaz radio Uu, basada como ya se ha dicho en WCDMA, y la interfaz Iu con el núcleo de red. Esta última se subdivide en dos interfaces lógicas: Iu-CS hacia el dominio de conmutación de circuitos e Iu-PS hacia el dominio de conmutación de paquetes.



El núcleo de red en UMTS se planteó, inicialmente, como la evolución del existente en las redes 2G basadas en GSM/GPRS. En la primera fase de normalización (*Release 99*) se propuso, por tanto, la reutilización de la infraestructura disponible en dichas redes. La evolución del núcleo de red (CN) propiamente dicha, sin embargo, se propuso en fases posteriores del estándar (*Release 4* y *Release 5*).

La red de acceso en UMTS, por el contrario, se planteó diferenciada, desde el primer momento, con respecto a las redes 2G. En el caso de las redes UMTS, planteadas como evolución de las redes GSM/GPRS, la solución adoptada consistió en el empleo de WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) en la interfaz radio y de ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) en la red de acceso.

### ➤ TECNOLOGÍA DE ACCESO RADIO DE UNA RED 3G

En el caso de UMTS, la operación sobre la interfaz radio está basada en el empleo de portadoras de 5 MHz de anchura espectral, contemplándose dos modos básicos de funcionamiento:

- FDD (*Frequency Division Duplex*): se basa en el empleo de portadoras diferentes para el enlace ascendente y el descendente. Cada portadora es capaz de soportar múltiples canales mediante el empleo de diferentes códigos CDMA. Más específicamente, la técnica de multiplexión por código utilizada es la variante DS-CDMA (*Direct Sequence CDMA*), con una velocidad de operación de 3,84 Mchip/s.
- TDD (*Time Division Duplex*): los enlaces ascendente y descendente comparten una única portadora de 5 MHz mediante división en el tiempo. La técnica de acceso utilizada en este caso es una combinación de TDMA y DS-CDMA. La interfaz TDD contempla la posibilidad de asignar una mayor proporción de ranuras temporales en un sentido (típicamente en el descendente), lo que permite una mejor adaptación ante situaciones de tráfico asimétrico. En general, el modo TDD resulta adecuado para alcances reducidos (picoceldas).

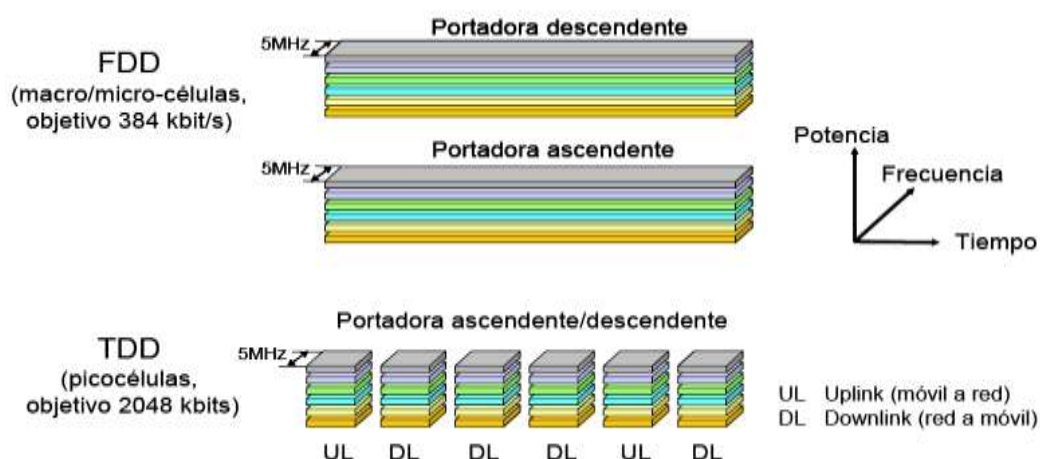
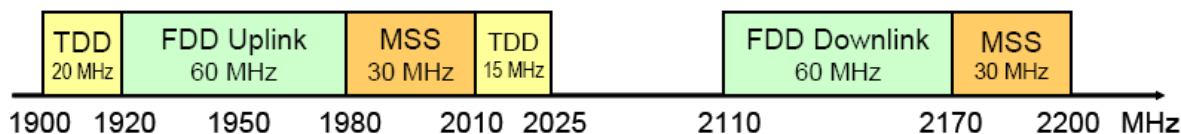


FIGURA 49 MODOS DE FUNCIONAMIENTO EN UMTS

En el caso de Europa, el organismo CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) ha establecido el reparto del espectro UMTS para cada modo de operación. El criterio de asignación adoptado puede resumirse de la siguiente manera:



**FIGURA 50** DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN REDES UMTS (EUROPA)

- Para la operación FDD han sido asignadas dos bandas de 60 MHz (1920 a 1980 MHz para sentido ascendente y 2110 a 2170 MHz para sentido descendente), lo que supone un total de 12 pares de portadoras de 5 MHz.
- Para la operación TDD en Europa se han asignado dos bandas que en total suman 25 MHz (1900-1920 y 2020-2025 MHz), lo que supone un total de 5 portadoras de 5 MHz (existen 10 MHz adicionales en la banda 2010-2020 que están reservados para operación TDD sin licencia).

Para el despliegue de una red UMTS normalmente se contempla el empleo de celdas con distintos niveles de cobertura (tamaño de la celda) y de servicio (tasa de bit máxima ofrecida a los usuarios). En una red basada en tecnología CDMA dichos factores guardan una relación inversa, de manera que cuanto mayor es el área a cubrir, menor es la velocidad que puede ofrecerse a los usuarios. Así, en base a los diferentes ámbitos de cobertura a considerar (rural, urbano, *indoor*), en UMTS se definen varios tipos de celdas, fijándose objetivos de servicio distintos para cada una de ellas:

- Macrocelas (entornos rurales). Orientadas a proporcionar cobertura de áreas geográficas extensas con poca densidad de tráfico, situación típica de entornos rurales. En este tipo de escenarios interesa el empleo de celdas de gran tamaño (por ejemplo, 5-6 km) por motivos económicos (menos estaciones base). Debido al compromiso entre tamaño de celda y capacidad, y teniendo en cuenta el grado de movilidad de los usuarios en este tipo de entornos (hasta 500 km/h), se establece como objetivo una tasa de bit por usuario de 144 kbps.
- Microcélulas (entornos urbanos/suburbanos). Células de tamaño medio destinadas a dar cobertura en entornos urbanos y suburbanos. El tamaño de la célula puede oscilar entre los 300-500m para zonas con alta densidad de población y los 2-4 km para zonas suburbanas. Considerando velocidades de hasta 150 km/h en este tipo de entornos, la tasa de bit objetivo se establece en 384 kbps.
- Picocélulas (interior de un edificio). Pensadas para proporcionar cobertura dentro de un radio reducido (10-50m) en entornos donde se prevé una demanda de tráfico elevada. Ejemplos típicos de aplicación de este tipo de células son el interior de un edificio o una manzana de oficinas. Teniendo en cuenta el bajo nivel de movilidad que cabe esperar en este tipo de entornos (< 3 km/h), la tasa de bit objetivo a satisfacer se fija en 2048 kbps.



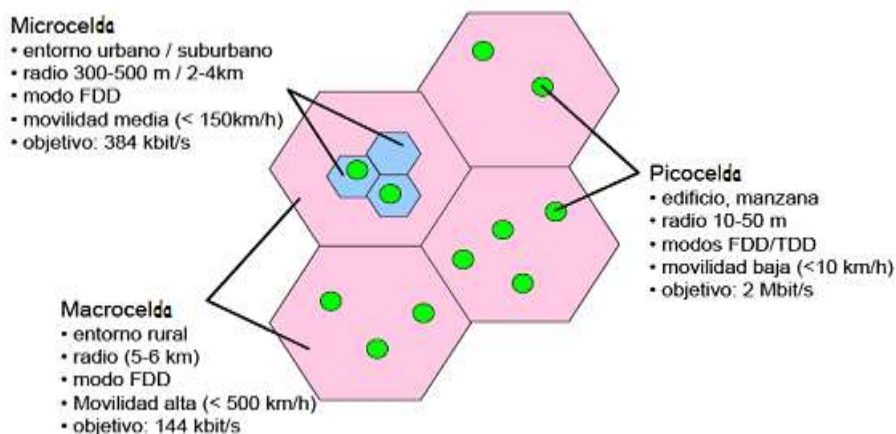


FIGURA 51 DESPLIEGUE TIPO DE UNA RED UMTS

Tasa de bit por usuario	Nº máximo de usuarios por portadora y sector	Distancia máxima a la estación base
8 kbps	256	4.7 km
144 kbps	14	3 km
384 kbps	5	1.9 km
2048 kbps	1	0.4 km

TABLA 15 DESPLIEGUE TIPO DE UNA RED UMTS

## ➤ HSPA



FIGURA 52 PANORÁMICA DE SISTEMAS MÓVILES CELULARES 3G/4G

HSPA (*High Speed Packet Access*) es un término genérico que hace referencia a las mejoras en el interfaz radio de UMTS, tanto de subida (también denominado HSUPA) como de bajada (también conocido como HSDPA), de las *Releases 5 y 6* de los estándares del 3GPP. Gracias a estas mejoras HSDPA permite una velocidad de transmisión teórica de hasta 14.4 Mbps por usuario, y HSUPA de hasta 5.8 Mbps en el enlace de subida. Por otro lado, tanto HSDPA como HSUPA pueden ser implementados sobre la portadora de 5 MHz de las redes UMTS haciendo posible su coexistencia con la primera generación de redes UMTS basadas en la estándar R99 (*Release 99*) del 3GPP. Dado que los estándares HSPA se refieren únicamente a la red de acceso no se requieren cambios en el núcleo de red (CN) salvo el incremento de capacidad necesario para soportar el incremento esperado de tráfico generado por HSPA.

- HSDPA: introduce una serie de modificaciones en el interfaz radio de bajada que combinadas proporcionan una mejora significativa tanto para los usuarios como para los operadores. Veamos cuales son estas modificaciones:

**1.- HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel):** HSDPA implementa este nuevo canal dentro de W-CDMA, este canal es compartido entre todos los usuarios brindando altas velocidades de bajada, mejorando así también el uso del espectro.

**2.- TTI:** se usa un TTI (*Transmission Time Interval*) más bajo, de 2 ms (en UMTS R99 el TTI estaba entre los 10 y los 80 ms), lo que implica mayores velocidades de transmisión en la capa física. Gracias a este TTI más bajo, el sistema puede reaccionar más rápidamente a los cambios en las condiciones del usuario o del interfaz radio y puede rápidamente asignar más o menos capacidad a dicho usuario.

**3.- Planificador Rápido de Tráfico de Datos (Fast Data Traffic Scheduling):** se realiza dentro del Nodo B, el móvil periódicamente transmite e indica la calidad de señal del enlace descendente, unas 500 veces por segundo, analizando esta información la estación base decide a que usuarios enviarle datos en los siguientes 2ms y qué cantidad de datos debería ser entregada a cada usuario

**4.- Modulación y codificación adaptativas (Adaptive Modulation and Coding, AMC):** la modulación y la codificación se adaptan a la condición del canal en cada momento de tal manera que los usuarios con buenas condiciones radio tienen mayores velocidades de transmisión. Así, mientras que en UMTS R99 la única modulación que se contemplaba era la QPSK, en HSDPA se permite el uso de 16 QAM cuando el enlace es suficientemente robusto aumentando significativamente la tasa de transmisión de datos.

**5.- H-ARQ Rápido (Fast Hybrid Automatic Response reQuest):** permite que los paquetes erróneos sean retransmitidos de nuevo en la ventana de 10 ms asegurando con ello que la tasa de transferencia a nivel TCP permanezca elevada.

- HSUPA: al igual que HSDPA en el interfaz de bajada, HSUPA define un nuevo interfaz radio para la comunicación ascendente con el objetivo general de mejorar la cobertura y la tasa de transferencia reduciendo la latencia de los canales dedicados de subida. El 3GPP denomina E-DCH (*Enhanced Dedicated Channel*) al HSUPA definido en la *Release 6* del estándar. Las características fundamentales de este nuevo interfaz son:

**1.- E-DCH (Enhanced Dedicated Channel):** HSUPA implementa este nuevo canal dedicado en el interfaz de subida.

**2.- H-ARQ:** al igual que HSDPA, HSUPA introduce retransmisión rápida basada en el protocolo H-ARQ (Hybrid ARQ) para recuperación de errores en la capa física.

**3.- Planificador del Nodo B:** permite al Nodo B controlar, con los límites que marque la RNC, el grupo de TFCs (Transport Format Codes) entre los que el UE puede elegir. Esto permite mejorar la cobertura y capacidad del enlace ascendente.

Teóricamente, con estas mejoras, se pueden llegar a tasas de transmisión de 5.5 Mbps en el enlace ascendente lo que supone unos 4 Mbps en la capa de aplicación.

#### 4.2.1.2 HSPA+ o E-HSPA (Evolved HSPA)

La tecnología HSPA+, también conocida como E-HSPA, es una versión mejorada del estándar HSPA del 3GPP desarrollada para incrementar la velocidad de datos de las redes básicas 3G. Gracias a esta nueva tecnología las tasas de datos alcanzables con HSPA se mejoran a la vez que se consiguen mejores latencias y mejoras en el núcleo de red como veremos a continuación.

La aparición de esta nueva tecnología, como de la siguiente que veremos a continuación (LTE), se debe fundamentalmente al aumento experimentado en los últimos años en el uso de Internet a través de los dispositivos móviles de tal manera que surgió la necesidad de satisfacer el deseo de los usuarios de disfrutar de velocidades de descarga comparables a las alcanzadas a través de las tecnologías de red fija. Este deseo, unido a la creciente aparición de aplicaciones que requerían mayores tasas de transferencia y menores niveles de latencia, posibilitó la aparición del HSPA+.

La definición de HSPA+ se llevó a cabo con el desarrollo de las *Releases 7 y 8* de los estándares del 3GPP, así:

- **Release 7 del 3GPP:** esta versión del estándar 3GPP recoge la incorporación de técnicas MIMO (*Multiple-input Multiple-output*) en el enlace descendente o bien de modulaciones 64QAM en este mismo enlace (ambas mejoras mutuamente excluyentes en el estándar) así como de modulaciones hasta 16QAM en el enlace ascendente. Del mismo modo el protocolo introduce mejoras que permiten soportar más usuarios en modo “continuamente conectado”. Permitiendo velocidades teóricas de 11 Mbps en el enlace ascendente y hasta 42 Mbps en el descendente.
- **Release 8 del 3GPP:** en esta versión del estándar aparece la definición del modo de operación “doble portadora” (*dual-carrier*) así como posibilita la operación simultánea de esquemas de modulación 64QAM y técnicas MIMO. Adicionalmente introduce mejoras en la latencia para hacer frente a los requerimientos de nuevas aplicaciones.

#### ➤ CARACTERÍSTICAS GENERALES DE HSPA+

HSPA+ incorpora, como ya comentamos anteriormente, nuevas funcionalidades así como algunas mejoras con respecto a los sistemas HSPA estándar para conseguir avances significativos en cuanto al rendimiento de estos sistemas.

Veamos cuales son estas mejoras:

- **MIMO:** Uso de técnicas MIMO.
- **Introducción de nuevos esquemas de modulación tanto en el enlace descendente como en el ascendente:** aunque las técnicas MIMO proporcionan algunas mejoras significativas en cuanto a la tasa de transferencia, en casos en los que no hay disponibilidad de múltiples antenas necesarias para MIMO, si el nivel de señal es relativamente alto (en otro caso se incrementaría la tasa de error) se puede incrementar la tasa de transferencia mediante esta técnica.
- **Conectividad continua en modo paquete:** este requisito surgió de la creciente tráfico de datos IP en los terminales móviles. Para conseguir este objetivo se reconfiguraron los canales DSCH y E0DCH para permitir rápidamente el envío de datos de usuarios a través de ellos.
- **Funcionamiento mejorado del canal CELL\_FACH:** las mejoras introducidas fueron necesarias para permitir mantener la conectividad continua en modo paquete durante periodos de poca o ninguna actividad.
- **Mejora en los protocolos de nivel 2:** se introdujeron mejoras en los protocolos RLC y MAC-HS.

## ➤ FUNDAMENTOS DE MIMO

El uso de técnicas MIMO es posiblemente el mayor avance incorporado a HSPA+ con respecto a los sistemas HSPA precedentes. Estas técnicas MIMO permiten incrementar las tasas de datos alcanzables mediante el uso de lo que se conoce como transmisión *multi-stream*.

Como sabemos, las dos mayores limitaciones presentes en los canales de comunicaciones se deben por un lado a la interferencia multicanal, y por otro, a las limitaciones en cuanto a tasa de transferencia o *throughput* derivadas de la ley de Shannon. En este sentido MIMO proporciona un mecanismo que permite hacer uso de los múltiples caminos existentes entre emisor y receptor para mejorar significativamente la tasa de transmisión disponible en un canal dado con un ancho de banda determinado. Esto se consigue mediante el uso de múltiples antenas en el transmisor y en el receptor lo cual unido a un procesamiento complejo de las señales digitales permiten al sistema establecer varios *streams* de datos en el mismo canal aumentando, de esta manera, la capacidad de dicho canal.

Tradicionalmente, los sistemas radio buscan minimizar los efectos de la transmisión multicanal ya que cada camino seguido por la señal provoca en el receptor retardos de fase que causan distorsión e interferencia. Sin embargo las técnicas MIMO explotan la existencia de multicaminos haciendo que estos sistemas sean más resistentes a interferencias y aumentando las tasas de transferencia de datos mediante el uso de multiplexación espacial.

Mediante técnicas MIMO vamos a ser capaces de conseguir tasas de datos por encima de las previstas por Shannon para un único canal ya que seremos capaces de utilizar múltiples caminos para transmitir múltiples *streams* de datos en paralelo. A pesar de todo lo anterior, de manera práctica seremos capaces de alcanzar estas altas tasas de datos siempre y cuando la relación señal portadora a ruido sea muy alta en el receptor, lo que se conseguirá o bien en celdas pequeñas o bien cuando el dispositivo móvil se encuentra relativamente cerca de la estación base. En situaciones en las que la relación señal a ruido no sea lo suficientemente elevada la multiplicidad de antenas se puede utilizar, en cualquier caso, para proporcionar diversidad en recepción para mejorar la recepción de un solo *stream* de datos.

### 4.2.1.3 DC-HSPA (Dual Cell/Dual Carrier HSPA)

Para mejorar aún más el rendimiento de HSPA se desarrolló un esquema en el que se utilizaban dos portadoras HSDPA para incrementar las tasas pico de transmisión. Este esquema se conoce como DC-HSPA (Dual Carrier HSPA) y, adicionalmente, utiliza de manera más eficiente los recursos disponibles multiplexando portadoras en el estado CELL DCH. Así, DC-HSPA o DC-HSDPA permite una mejor utilización de los recursos radio, especialmente en situaciones en las que el canal presenta pobres condiciones y la relación señal a ruido no es lo suficientemente buena para conseguir tasas de transmisión altas. Las especificaciones de “Dual Cell-HSPA” (las portadoras deben ser adyacentes) se encuentran recogidas en la *Release* 8 del estándar del 3GPP mientras que la *Release* 9 presenta una combinación de DC-HSDPA (Dual Carrier HSPA, las portadoras pueden estar distanciadas en frecuencia) y MIMO para incluso mejores rendimientos.

## ➤ CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DC-HSPA/DC-HSDPA

El objetivo de DC-HSPA/DC-HSDPA es proporcionar la máxima eficiencia y rendimiento para transferencia de datos a ráfagas utilizando, para ello, mayores capacidades durante cortos periodos de tiempo. Dado que la mayor cantidad de tráfico se produce en el enlace descendente DC-HSPA se aplica fundamentalmente en este sentido, por lo que esta tecnología es también conocida como DC-HSDPA.

Para la transmisión de datos en modo paquete, como sabemos, la información troceada en paquetes se envía por un canal común compartido por todos los usuarios ya que un usuario no lo está ocupando todo el tiempo. La idea de DC-HSDPA es, entonces, aplicar este concepto pero no sólo usando una única portadora sino varias de las asignadas a un operador (en el caso de España, por ejemplo, se asignaron inicialmente 3 pares de portadoras de FDD y una portadora de TDD por cada operador). En UMTS, HSPA o HSPA+ estas portadoras operan de manera independiente así una portadora, en un momento dado, puede estar siendo utilizada en su totalidad mientras que otra puede estar en ese mismo instante infrautilizada. Así, DC-HSPA/DC-HSDPA busca proporcionar una mejor gestión y optimización de los recursos radio.

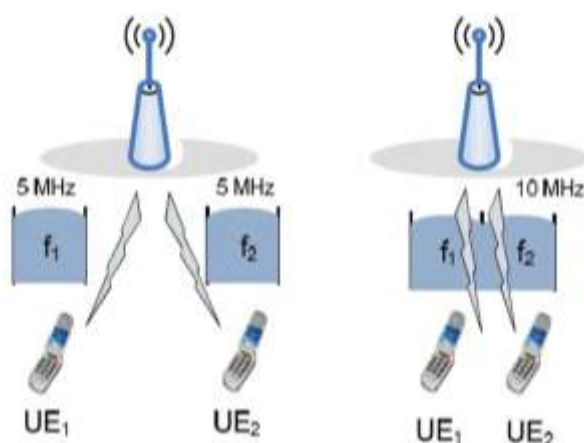


FIGURA 53 FUNCIONAMIENTO DE DC-HSDPA

Esta asignación de recursos sobre múltiples portadoras requiere una gestión dinámica de los mismos para conseguir mayores tasas de transferencia de pico por cada usuario HSDPA en cada TTI (Transmission Time Interval) así como una mejora de las capacidades de los terminales. El uso, por tanto, de DC-HSDPA está enfocado para proporcionar un nivel de rendimiento consistente dentro de la celda y muy especialmente, en los bordes de las mismas en los que las técnicas MIMO no son efectivas.

Esta tecnología funciona de tal manera que un usuario puede estar siendo servido por una celda primaria y una celda secundaria al mismo tiempo a través de dos canales de transporte HS-DSCH paralelos. Todos los canales no relacionados con HSDPA residirán en la primera celda (así como la práctica totalidad de los procedimientos de capa física). Cualquiera de las dos portadoras puede configurarse como primaria o secundaria usuario a usuario lo que permite un balanceo de carga eficiente en cada sector. Como sucede con MIMO, los dos canales de transporte llevan a cabo retransmisiones H-ARQ, codificación y modulación de manera independiente. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurría en MIMO,



los dos bloques de transporte pueden ser transmitidos en sus respectivas portadoras usando diferentes códigos de canalización. En el UE, para que sea capaz de recibir la señal proveniente de dos portadoras, es necesario un receptor similar a los necesarios cuando se emplea MIMO y, dado que las dos portadoras de 5 MHz son adyacentes se puede emplear un receptor simple de 10 MHz que ya se encuentra disponible en el UE si dicho terminal soporta LTE.

Siguiendo con las mejoras con respecto a HSPA+ y llevando la *Release* 8 mucho más allá, se han planteado sistemas en los que las dos portadoras no se encuentran adyacentes entre sí, lo que supondría mayor flexibilidad al operador, e incluso el incremento del número de portadoras más allá de las dos (pasando de dos a cuatro se duplicaría la velocidad base y la tasa de transferencia alcanzables).

Como consecuencia de la mejora en las velocidades en el enlace de bajada, las velocidades del enlace de subida también necesitan ser mejoradas. Así, de la suma de múltiples portadoras FDD en el enlace de subida se consiguen, siguiendo el mismo esquema aplicado en DC-HSDPA, las mismas mejoras en el enlace ascendente. Es lo que se conoce como DC-HSUPA que permite soportar velocidades de hasta 23 Mbps y mecanismos de balanceo de carga similares a los descritos para DC-HSDPA.

#### ➤ CATEGORÍAS DE TERMINALES

Las categorías de terminales se crearon para permitir a las estaciones base determinar rápidamente las capacidades de los distintos UEs conectados a ellas. Veamos a modo de resumen la siguiente tabla con estas categorías según las capacidades del enlace descendente:

Categoría de UE	3GPP Release	Min. TTI (s)	Máx. número de códigos HS-DSCH	Modulación	Máx. tasa de transferencia (Mbps)	MIMO
1	Rel 5-6	3	5	16QAM, QPSK	1.22	NO
2	Rel 5-6	3	5	16QAM, QPSK	1.22	NO
3	Rel 5-6	2	5	16QAM, QPSK	1.82	NO
4	Rel 5-6	2	5	16QAM, QPSK	1.82	NO
5	Rel 5-6	1	5	16QAM, QPSK	3.6	NO
6	Rel 5-6	1	5	16QAM, QPSK	3.65	NO
7	Rel 5-6	1	10	16QAM, QPSK	7.21	NO
8	Rel 5-6	1	10	16QAM, QPSK	7.21	NO
9	Rel 5-6	1	15	16QAM, QPSK	10.13	NO
10	Rel 5-6	1	15	16QAM, QPSK	14	NO
11	Rel 5-6	2	5	QPSK	0.91	NO
12	Rel 5-6	1	5	QPSK	1.82	NO
13	Rel 7	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	17.64	NO
14	Rel 7	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	21.10	NO
15	Rel 7	1	15	16QAM, QPSK	23.37	SI
16	Rel 7	1	15	16QAM, QPSK	27.95	SI
17	Rel 7	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	17.64	NO
				16QAM, QPSK	23.37	SI
18	Rel 7	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	21.10	NO
		1		16QAM, QPSK	27.95	SI
19	Rel 8	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	35.28	SI
20	Rel 8	1	15	64QAM, 16QAM, QPSK	42.20	SI
21	Rel 8	1	15	16QAM, QPSK	23.37	NO
22	Rel 8	1	15	16QAM, QPSK	27.95	DC-HSDPA



23	Rel 8	1	15	64QAM,16QAM, QPSK	35.28	DC-HSDPA
24	Rel 8	1	15	64QAM,16QAM, QPSK	42.2	DC-HSDPA
25	Rel 9	1	15	16QAM, QPSK	46.7	DC-HSDPA + MIMO
26	Rel 9	1	15	16QAM, QPSK	55.9	DC-HSDPA + MIMO
27	Rel 9	1	15	64QAM,16QAM, QPSK	70.6	DC-HSDPA + MIMO
28	Rel 9	1	15	64QAM,16QAM, QPSK	84.4	DC-HSDPA + MIMO

**TABLA 16** CATEGORÍAS DE TERMINALES

## 4.2.2 LTE (Long Term Evolution) Y LTE Advanced

### 4.2.2.1 LTE

La tecnología LTE se basa en la definición de un nuevo interfaz radio y de una nueva red de acceso para proporcionar mayores velocidades de datos (hasta los 75 Mbps en el enlace de subida y hasta los 300 Mbps en el enlace de bajada) y con tiempos de conexión muy rápidos. Para conseguir estos objetivos el 3GPP eligió OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) para el interfaz radio, que junto con MIMO y modulaciones de orden mayor permiten que dichos objetivos sean alcanzados.

Por otro lado, LTE usa los mismos principios que HSPA para la planificación del canal de datos compartido así como los mecanismos de adaptación rápida del canal lo que permite que la red optimice el rendimiento dentro de la celda de manera dinámica. De hecho, LTE está basado en su totalidad en canales compartidos y de *broadcast* y no hace uso de canales dedicados para el envío de datos de usuarios específicos. Esta característica hace que se incremente la eficiencia del interfaz radio ya que la red ya no tiene que asignar una cantidad fija de recursos a cada usuario si no que puede asignar recursos radio de acuerdo a la demanda en tiempo real.

Por todo lo anterior, se prevé que LTE llegue a coexistir con las redes WCDMA y HSPA mientras estas redes evolucionan igualmente dentro de los estándares del 3GPP.

#### ➤ OFDMA

A la hora de definir el nuevo interfaz radio para LTE el 3GPP podría haber continuado mejorando el previamente existente basado en WCDMA, sin embargo se determinó que, pese a ser técnicamente posible, la consecución de los objetivos marcados (comentados en la introducción de la presente sección) harían que la tecnología resultante fuera inviable debido al elevado consumo de potencia necesario y al alto procesamiento requerido. Es por ello que el 3GPP decidió dar un enfoque totalmente diferente de las predecesoras *Releases* apostando por una tecnología nueva, OFDM, que permitía la consecución de las velocidades de datos marcadas como objetivo con implementaciones más simples que requerían un coste relativamente bajo y con hardware más eficiente en cuanto a consumo de potencia.

Así, si las velocidades de datos en WCDMA estaban limitadas por el ancho de banda del canal de 5 MHz, LTE superará ésta limitación definiendo anchos de banda de hasta 20 MHz de tal manera que con anchos de banda por debajo de 10 MHz LTE y HSPA+ se comportan de manera similar para el mismo número de antenas.

A través de la tecnología OFDM LTE divide sus canales de, por ejemplo, 20 MHz, en sub-canales de banda estrecha y cada uno de estos sub-canales es llevado hasta su máximo de capacidad de tal forma que de manera combinada generan la tasa de transferencia de datos total. Por otro lado, asignando distintos sub-canales a distintos usuarios se obtiene un sistema OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), este tipo de sistemas evitan en gran medida los problemas derivados del multicamino ya que el envío de los bits de información se realiza lo suficientemente despacio para que las copias retardadas presenten un retardo de tan sólo una pequeña fracción del tiempo de bit.

Así, miles de sub-canales de banda estrecha se utilizan para enviar muchos mensajes de baja velocidad de manera simultánea que posteriormente son combinados en el receptor para crear un mensaje de alta velocidad. Este funcionamiento evita la distorsión causada por el multicamino mientras que se mantiene una velocidad de datos alta.

Los sub-canales de banda estrecha son asignados ráfaga a ráfaga mediante algoritmos que tienen en cuenta factores de radiofrecuencia (RF) tales como la calidad del canal, la carga o la interferencia en el mismo en un momento dado. Por otro lado, la resistencia a la interferencia viene dada por la naturaleza ortogonal de OFDM en donde un nulo de una sub-portadora coincide exactamente con un máximo de la sub-portadora adyacente. Por esta razón resulta imprescindible un buen comportamiento ante el ruido de fase para evitar perder la ortogonalidad entre sub-portadoras (ya que al perder la ortogonalidad entre sub-portadoras se generaría ICI –*InterChannel Interference*–).

LTE, como ya hemos descrito, se basa en el uso de OFDMA en el enlace descendente, sin embargo usa SC-FDMA (*Single Carrier FDMA*) en el enlace ascendente. SC-FDMA es técnicamente similar a OFDMA con la ventaja de que requiere menos potencia de batería lo que le hace más adecuado para dispositivos de mano como un móvil.

#### ➤ MIMO

Anteriormente ya vimos en qué consistían las técnicas MIMO en tecnologías de acceso móviles. LTE también hace uso de estas técnicas para enviar información por distintos caminos a nivel RF mientras que el ancho de banda que se ocupa sigue siendo el mismo, lo que conlleva aumentos considerables en las velocidades y tasas de transferencia alcanzables.

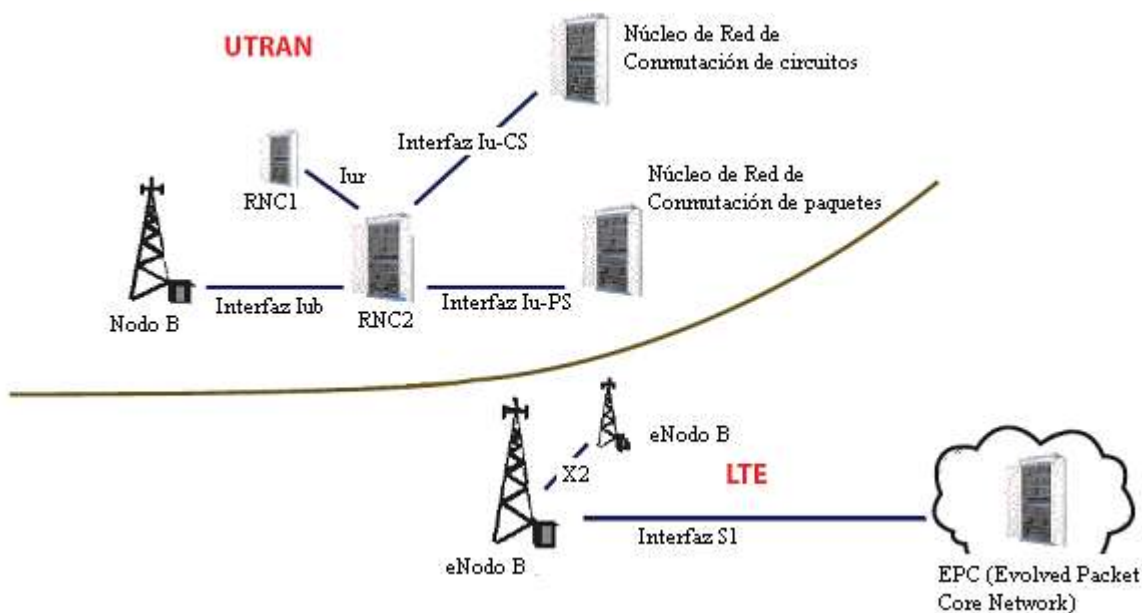
#### ➤ FLEXIBILIDAD EN EL USO DEL ESPECTRO

La flexibilidad en el uso del espectro es la más importante característica de la tecnología LTE en comparación con las tecnologías móviles predecesoras. Al estar LTE basado en OFDMA, que es una tecnología de espectro ensanchado, no sólo resulta más resistente a interferencias entre celdas si no que el espectro disponible se aprovecha para transmisión de manera más eficiente. El resultado es que el número de usuarios por celda en LTE puede llegar a ser un orden de magnitud superior con respecto al caso de celdas WCDMA.

Por otro lado, LTE fue diseñado para ser capaz de ser desplegado en muchas bandas de frecuencia distintas implicando cambios mínimos en el interfaz radio. Puede ser también desplegado en anchos de banda de 1.4, 1.6, 3, 3.2, 5, 10, 15 y 20 MHz. Gracias a esto los operadores van a poder reutilizar el espectro que tenían asignado a GSM o CDMA (lo que se conoce como *refarming*) para despliegues de LTE y pueden operar en esas bandas hasta que más espectro quede disponible. Del mismo modo los operadores pueden aprovechar al máximo las nuevas zonas de espectro disponibles en bandas UHF gracias al dividendo digital y desplegar en ellas LTE sobre portadoras de 10 MHz o 20 MHz aprovechando la mayor cobertura y penetración en edificios que presentan estas bandas.

El uso flexible del espectro viene fomentado aún más gracias a la armonización FDD/TDD en LTE en donde hay una clara convergencia entre ambas soluciones. Las especificaciones para los procedimientos de traspaso o *handover* así como los parámetros tales como trama y slot facilitan la coexistencia con otros operadores en canales adyacentes y con solapamiento o espectros adyacentes en las fronteras de los países. Esta convergencia tecnológica representada por la armonización FDD/TDD supondrá una reducción de la complejidad de la estandarización asegurando un mejor soporte para la itinerancia o *roaming* a nivel global y favoreciendo las economías de escala.

#### ➤ EPC (EVOLVED PACKET CORE)



**FIGURA 54** ARQUITECTURA SIMPLIFICADA DE UNA RED LTE

El EPC o *Evolved Packet Core* es una arquitectura simplificada diseñada para la integración con redes de comunicaciones basadas en IP. Está basada, por tanto, únicamente en paquetes por lo que la opción más probable consiste en manejar llamadas de circuitos y multimedia a través de un núcleo de red basado en IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Una alternativa intermedia, plantada por el 3GPP para *LTE Release 9*, sería manejar las llamadas de conmutación de circuitos a través de los antiguas MSCs (*Mobile Switching Center*) y funciones de mediación.

El EPC, al ser una red todo-IP, permite la conectividad y *handover* con otras tecnologías de acceso incluyendo todas las tecnologías del 3GPP y 3GPP2, así como Wifi y líneas de banda ancha fijas tales como DSL y GPON.

La red de acceso E-UTRAN es considerablemente más sencilla que las redes previas del 3GPP: todo el procesamiento de los paquetes IP se maneja en el núcleo de red (EPC) permitiendo tiempos de respuesta para retransmisiones y planificación de paquetes más rápidas mejorando, con ello, la latencia y las tasas de transmisión, la RNC se ha eliminado completamente como elemento de red y sus funciones han sido trasladadas al e-Nodo B que se encuentra conectado directamente con el EPC.

El EPC tiene funciones específicas en su diseño que le permiten realizar conexiones directas y extensiones a otras redes inalámbricas. Así, los operadores pueden manejar funciones críticas tales como la movilidad, el *handover*, la tarificación, la autenticación y la seguridad dentro de la red móvil mientras que pueden extender la red a otras tecnologías de acceso basadas en IP.

Los protocolos IP fueron desarrollados para redes fijas en las que los problemas en el flujo de tráfico se producen cuando los enlaces se sobrecargan o se rompen. Las sobrecargas pueden manejarse controlando los volúmenes de tráfico, limitando el número de usuarios conectados a un *hub* y el ancho de banda que se les asigna. Esto, sin embargo, es más complicado de controlar en entornos inalámbricos en los que la capacidad no es fija si no es una función dependiente del tiempo y de factores ambientales tales como la pérdida RF en el camino o la distancia hasta la estación base. La capacidad también varía con la carga de la celda, un parámetro fuera del control del operador ya que el número de usuarios en una celda puede también variar con el tiempo.

Por todo lo anterior, los sistemas inalámbricos requieren *routing* IP dinámico, flujo de control y calidad de servicio extremo a extremo y mecanismos de provisionamiento que puedan adaptarse a anchos de banda variantes. Este no es un problema trivial ya que estas variaciones no sólo pueden ser rápidas si no que pueden ser también variables haciendo que la velocidad de transmisión de datos varíe de 100 Kbps a 10 Mbps en menos de un segundo. Otras variaciones pueden ser también impredecibles ya que dependen del comportamiento de los usuarios dentro de la celda.

Por todo lo anterior, LTE usa tecnologías de retransmisión en el e-Nodo B para manejar rápidamente las variaciones en la tasas de transmisión. Esto hace que se requieran mecanismos de *buffering* y control de flujo en el e-Nodo B desde el núcleo de red para evitar pérdidas o sobrecargas de datos cuando en el interfaz radio se produce un inesperado desvanecimiento de la señal provocando un elevado número de retransmisiones.

En conclusión, redes tales como EPC incrementan el rendimiento ya que los paquetes no necesitan ser procesados por múltiples nodos dentro de la red. Esto hace, sin embargo, que nos encontremos ante una arquitectura de red menos jerárquica que implica una gestión central mucho más compleja.

#### 4.2.2.2 LTE Advanced

LTE se concibe como el punto de inicio para una transición suave hacia el acceso radio 4G (esto es, *IMT-Advanced*) o, en otras palabras, *LTE-Advanced* es la evolución de LTE. En este sentido, *LTE-Advanced* debe asegurar toda una serie de requisitos en relación a la compatibilidad hacia atrás con LTE *Release 8*. En cuanto a compatibilidad espectral, LTE-Advanced debería poderse desplegar en bandas ocupadas por LTE. Así mismo, el equipamiento LTE debería poder incorporar las funcionalidades *LTE-Advanced* con una complejidad y coste razonablemente bajos.

Los requerimientos de *LTE-Advanced* establecidos en TR 36.913 [26] distinguen diferentes categorías: generales, capacidades (velocidad de transmisión de pico, latencias), prestaciones del sistema (eficiencia espectral, *throughput* en el extremo de la celda, movilidad, cobertura, etc.), despliegue (espectro, coexistencia e interoperación con RATs (*Radio Access Technologies*) precedentes o *legacy*, etc.), arquitectura E-UTRAN y migración, complejidad, coste, etc.

Para poder satisfacer los requerimientos establecidos (por ejemplo, soporte de velocidades de pico de hasta 1 Gbps en el enlace descendente y 500 Mbps en el enlace ascendente), son necesarias una serie de mejoras técnicas con respecto a LTE (*Release 8*). Algunas de las principales componentes técnicas de *LTE-Advanced* son:

- Agregación de banda hasta 100 MHz, por ejemplo a partir de agregar múltiples componentes de 20 MHz para poder alcanzar un ancho de banda de 100 MHz y así proporcionar las velocidades de transmisión más elevadas previstas en los requerimientos.
- Extensión de soluciones multiantena, con hasta 8 niveles en el enlace descendente y 4 niveles en el ascendente, para así incrementar las velocidades de transmisión alcanzables sobre el enlace.
- *Coordinated multipoint transmission and reception* (CoMP), que permite mejorar las prestaciones observables en el extremo de la celda a través de efectuar la transmisión/recepción desde distintas celdas. CoMP es un término relativamente general, que incluye diferentes tipos de coordinación (*packet scheduling*, *beam-forming*, etc.) entre transceptores separados geográficamente.
- Repetidores, como mecanismo para mejorar la cobertura y reducir el coste de despliegue.

#### 4.2.2.3 LTE RESPECTO A WIMAX MÓVIL

Como ya vimos reflejado en la figura 52 existen también estándares del IEEE que se situarían dentro de lo que hemos denominado 4G móvil. Se trata del “*Mobile WiMAX*”, también conocido como estándar *802.16e*, especificación del IEEE con capacidad para dar transmisiones de datos a 12 Mbps. Al igual que ya hemos visto en LTE, el Wimax móvil se basa en la utilización de OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*).

Pese a ser, LTE y Wimax Móvil, tecnologías con ciertas similitudes, la evolución en los últimos tiempos ha hecho que WiMAX pierda fuerza frente a LTE como gran alternativa 4G. Así, tanto los dos grandes operadores norteamericanos (Verizon Wireless y AT&T Wireless) como el mundo GSM han respaldado a LTE.

Sin embargo, *Mobile WiMAX* sigue contando a su favor con la disponibilidad de servicios. Así, si existen como hemos comentado anteriormente operadores apostando claramente por LTE, también hay algunos haciéndolo por Wimax, como es el caso de Sprint en Estados Unidos, KDDI en Japón o Yota en Rusia.

La comunidad Wimax planea una actualización significativa de la tecnología. El estándar IEEE 802.16m, que se conocerá a nivel comercial como *Wimax 2*, será mucho más rápido que su predecesor 802.16e. El objetivo para el nuevo Wimax será ofrecer velocidades de bajada de más de 100 Mbps, frente a los de 3,7 a 5 Mbps proporcionados por los servicios iniciales ofrecidos por los operadores de Wimax.

Mientras tanto, Verizon, por ejemplo, espera ofrecer comercialmente servicios LTE en 25 ó 30 mercados clave de Estados Unidos, cifra que planea duplicar a principios de 2012. Para finales de 2013, la compañía prevé que su actual red 3G esté enteramente actualizada a 4G e incluso ofrecer este tipo de servicios en áreas donde ahora no está presente con la tercera generación.

Como vemos nos encontramos ante dos tecnologías muy potentes que claramente protagonizarán el futuro próximo de la tecnología de red móvil a nivel mundial. El que una de ellas acabe imponiéndose a la otra dependerá en gran medida de la zona del mundo de la que se trate y de la apuesta tecnológica que hagan los operadores en dicha zona del globo. Veamos a modo de resumen un cuadro comparativo de estas dos tecnologías:

Estándar	Familia	Tecnología Radio	Downlink (Mbps)	Uplink (Mbps)	Notas
LTE	3GPP (evolución de UMTS)	OFDMA/MIMO/SC-FDMA	360	80	La actualización de LTE a LTE-Advanced permitirá ofrecer velocidades de pico de al menos 1 Gbps a usuarios estáticos y 100 Mbps a usuarios móviles
WIMAX	IEEE (familia 802.16e)	MIMO-SOFDMA	144	35	La actualización de Wimax a Wimax 2 (estándar 802.16m) espera ofrecer velocidades de pico de hasta 1 Gbps a usuarios en situación de no-movilidad

**TABLA 17** CUADRO COMPARATIVO LTE VERSUS WIMAX

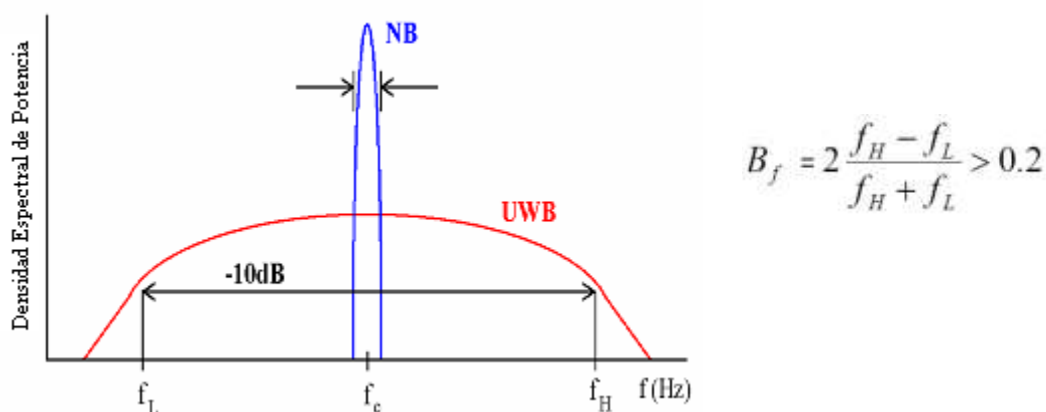


### 4.2.3 BANDA ULTRA ANCHA (UWB)

El término UWB viene del inglés “*Ultra Wide Band*” o Banda Ultra Ancha y en general se utiliza para describir sistemas radio para aplicaciones de medida y comunicaciones que presentan unas determinadas características que vamos a pasar a describir en detalle a continuación. Veamos, pues, cuales son dichas características:

#### 4.2.3.1 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA UWB

A pesar de que la tecnología UWB está siendo considerada actualmente como una tecnología revolucionaria por permitir la transmisión de gran cantidad de datos digitales sobre un ancho de banda muy grande usando para ello señales radio de tipo impulso y de baja potencia, su aparición se remonta muchos años atrás cuando alrededor del 1989 fue introducida por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (US DoD). El término UWB, desde entonces, se usa para denominar a cualquier transmisión radio que ocupe un ancho de banda mayor al 20% de la frecuencia central o de más de 500 MHz de ancho de banda total.



**FIGURA 55** BANDA ULTRA ANCHA (UWB, ULTRA-WIDE BAND)

Siendo algo más concretos, se puede decir que existen dos diferencias fundamentales entre los sistemas UWB y los sistemas tradicionales de banda estrecha y otros de banda ancha existentes: por un lado, los sistemas UWB utilizan, como su propio nombre indica, un ancho de banda mucho mayor del que utiliza cualquier tecnología radio celular actual y, por otro lado, los sistemas UWB se caracterizan, como ya adelantamos anteriormente, por la transmisión de pulsos en lugar de transmitir señales sinusoidales.

Adicionalmente, y no menos importante, resulta destacar que los sistemas UWB transmiten directamente en Banda Base, de tal manera que la información modula impulsos, muy cortos en el tiempo, que generan una señal cuyo espectro puede ocupar desde pocos hercios hasta varios gigahercios. Ésta es una diferencia importante con respecto a los sistemas tradicionales que utilizan portadoras de radiofrecuencia (RF) para desplazar la señal en el dominio de la frecuencia desde la banda base hasta la frecuencia de la portadora, donde el

sistema tiene licencia para operar. Esta transmisión en banda base proporciona varios beneficios para el operador: por un lado, al requerir menos componentes de radiofrecuencia, los transceptores necesarios resultan simples y sensiblemente más baratos que los empleados en otras tecnologías (por ejemplo, al transmitir pulsos de baja potencia, se elimina la necesidad de usar amplificadores de potencia en los transmisores UWB) y, por otro lado, se elimina igualmente la necesidad de usar mezcladores y osciladores locales en el receptor para convertir la frecuencia de la portadora en otra frecuencia concreta. Ambos aspectos inciden notablemente en conseguir bajos costes de producción tanto de transmisores como de receptores de UWB.

Sin embargo, la característica realmente diferenciadora con respecto a todas las tecnologías anteriores, es que la señal UWB está diseñada para ocupar bandas de frecuencia asignadas a otros servicios sin causar interferencias apreciables. Esto es posible porque los sistemas UWB emiten a una potencia muy baja que, repartida por un ancho de banda tan grande, produce una densidad espectral de potencia de pocos mW/Mhz. La clave está en que estos niveles de señal son comparables a los niveles de ruido que soportan los receptores de otros sistemas por lo que las señales de UWB resultan inapreciables para estos sistemas.



**FIGURA 56** COMPARATIVA DE POTENCIAS EMITIDAS POR DISTINTAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

De la explicación anterior se desprende la importancia que tiene, en este tipo de sistemas, las restricciones de potencia a las que deben operar los sistemas UWB. Estas restricciones de potencia van a estar normativamente establecidas y van a hacer que esta tecnología sea inviable para aplicaciones de largo alcance. Esto, sin embargo, no supone ningún inconveniente ya que la tecnología UWB se concibió para comunicaciones de corto alcance para dar servicio en entornos *indoor* tales como: oficinas, bibliotecas, hogares, aeropuertos, universidades, etc.

En estos entornos *indoor* se ha visto que la tecnología UWB presenta varias ventajas con respecto a otras:

- varios estudios han determinado que la modulación PPM (Pulse Position Modulation), mayormente utilizada por los sistemas UWB como veremos más adelante, soporta mucho mejor la propagación multicamino (problema fundamental en este tipo de

entornos ya que la señal rebota en muchos objetos antes de llegar al receptor) que las señales sinusoidales.

- otro problema en ambientes *indoor* es que emisor y receptor difícilmente tienen visión directa y por tanto la señal tiene que atravesar objetos para llegar a su destino. UWB utiliza las frecuencias más bajas posibles mejorando, de esta forma, su capacidad de penetración en materiales que tienden a ser más opacos a frecuencias altas. Gracias a esto la tecnología UWB resulta apropiada en otros ámbitos aparte de las comunicaciones tales como: radares personales para detectar colisiones, sistemas de imagen que puedan ver a través de paredes, dispositivos precisos de localización, etc.

Luego, estamos ante una tecnología que presenta dos cualidades fundamentales: gran ancho de banda y baja potencia. Estos atributos hacen que pueda cohabitar con otros sistemas de telecomunicaciones reutilizando el espectro y siempre teniendo en cuenta que sus limitaciones en cuanto a potencia restringen su uso para aplicaciones de corto alcance.

#### 4.2.3.2 SISTEMAS UWB

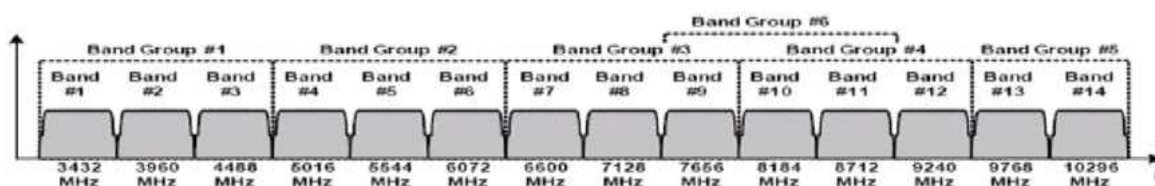
Ya comentamos al inicio de esta sección que, por definición, una señal o sistema que tenga un ancho de banda superior al 20% de la frecuencia central o de más de 500 MHz de ancho de banda total es considerada de UWB, así pues son varias las capas físicas que pueden considerarse de UWB. Fundamentalmente se han estandarizado dos: la primera sería la OFDM-Multibanda (MB-OFDM) mientras que la segunda sería la ya comentada anteriormente, en la que se emplean pulsos de RF (IR-UWB). Veamos las características de cada una de ellas:

##### ➤ MB-OFDM

El estándar de HDR(*High Data Rate*) MB-OFDM (definido por la *Wimedia Alliance* y usado en sistemas *wireless USB*) que define la capa física basada en esta modulación tiene dos versiones que básicamente se diferencian en las tasas agregadas de datos soportadas y en las técnicas usadas para conseguir dichas tasas: modulación y codificación de canal y máximo tamaño de paquete permitido. Veamos algunas de estas características:

- I. Potencia Transmitida: como ya hemos comentado anteriormente, las señales UWB van a estar fuertemente limitadas en potencia de tal manera que los niveles permisibles quedarán definidos por las normativas aplicables en cada país. En el caso de la Unión Europea, la regulación marca una máxima densidad de potencia de -41.3 dBm/MHz o lo que es lo mismo, una máxima potencia transmitida de -14 dBm para cada sub-banda.
- II. Frecuencias soportadas: desde que la tecnología UWB fuera tenida en cuenta de nuevo, y esta vez para aplicaciones comerciales, por la FCC (Federal Communications Commision de los EEUU) a comienzos de 2000 la banda de frecuencias de trabajo quedó fijada entre los 3.1 a los 10.6 GHz. Este rango de frecuencias, en el caso de MB-OFDM, queda dividido a su vez en bandas de 528 MHz cada una y cada banda en 128 canales que son modulados simultáneamente (cada banda 128 OFDM portadoras). Cada dos o tres bandas se crea lo que se

denomina grupos de bandas (BG) a las que los dispositivos acceden en la misma transmisión. A continuación se muestra el plan de frecuencias definido por la WiMedia Alliance en su estándar:



**FIGURA 57** DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO EN SISTEMAS MB-OFDM

A pesar de lo anterior, no todas las bandas están permitidas en las distintas regulaciones existentes a nivel mundial. Así, la mayoría de fabricantes no emplea el BG2 por la gran cantidad de servicios inalámbricos existentes en esa banda espectral. Del mismo modo, en Europa por ejemplo, el BG1 sólo se puede emplear por un tiempo limitado (salvo la banda 3 siempre que se empleen mecanismos DDA, *Detect And Avoid*).

- III. Codificación y modulación empleadas: la primera versión del estándar soportaba velocidades de hasta 480 Mbps usando códigos de canal convolucionales (Viterbi). Más recientemente se presentó una nueva versión del estándar con velocidades de hasta los 1024 Mbps, sin embargo, los MB-OFDM UWB chipsets existentes en el mercado a día de hoy sólo llegan a esos 480 Mbps del primer estándar.

Modulación	Tasa de bit (Mbps)	Tasa de codificación ( R )	Codificación
QPSK	53.3	1/3	Viterbi
QPSK	80	1/2	Viterbi
QPSK	106.7	1/3	Viterbi
QPSK	160	1/2	Viterbi/LDPC
QPSK	200	5/8	Viterbi/LDPC
DCM	320	1/2	Viterbi/LDPC
DCM	400	5/8	Viterbi/LDPC
DCM	480	3/4	Viterbi/LDPC
MDCM	640	5/8	Viterbi/LDPC
MDCM	800	1/2	LDPC
MDCM	960	5/8	LDPC
MDCM	1024	3/4	LDPC

**TABLA 18** CODIFICACIÓN Y MODULACIÓN EN MB-OFDM

Como se puede ver en la tabla anterior, las modulaciones empleadas son comúnmente QPSK para velocidades de transmisión inferiores a 320 Mbps, mientras que para velocidades iguales o superiores a esos 320 Mbps se emplea DCM (*Dual Carrier Modulation*) o M-DCM (*Modified DCM*). Estas dos últimas modulaciones aprovechan la ventaja que supone la gran diversidad en frecuencia proporcionada por la UWB para mejorar el rendimiento en entornos multicamino. Para ello la misma información se modula por dos tonos separados aproximadamente 220 MHz (un orden de magnitud por encima de la coherencia del canal) de este modo se dobla la efectividad de la constelación para cada tono y se cambia el orden de los bits entre los tonos en

una técnica que evita que los mismos puntos de una constelación sean adyacentes en ambos tonos.

### ➤ IR-UWB (Impulse Radio UWB)

Se caracterizan por ser sistemas de comunicación por emisión de pulsos muy cortos (del orden de nanosegundos) en los que no existe portadora. En estos sistemas se usa el mono-pulso gaussiano por presentar mejor resolución en radares.

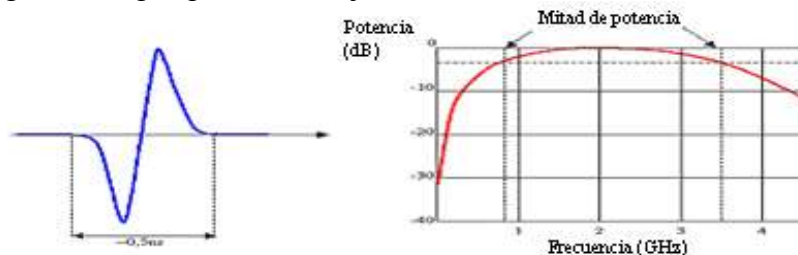


FIGURA 58 MONO-PULSO GAUSSIANO

Para la transmisión de la información en sistemas IR-UWB se tuvieron en cuenta diversas variantes de transmisión de la información: PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) en la que se representa el “0” mediante la transmisión de un pulso normal y el “1” mediante la transmisión del mismo pulso invertido (o viceversa), OOK (*ON/Off Keying*) en la que se representa el “1” mediante la transmisión de un pulso y el “0” mediante la ausencia de transmisión lo que hace que se ahorre hasta un 50% en media en cuanto al consumo de energía respecto al resto pero la presencia de espúreos o alto nivel de ruido afecta más a este tipo de modulación y finalmente la PPM (*Pulse Position Modulation*) que es la que realmente se suele emplear en sistemas IR-UWB y que vamos a explicar a continuación.

PPM es una forma de modulación temporal en la que cada símbolo de información modula la posición en tiempo de un pulso. Los sistemas PPM-UWB utilizan trenes de pulsos, no solo un único pulso, para comunicar un símbolo. El intervalo entre pulsos se controla pulso por pulso en función de dos componentes: una componente de información y un código pseudo-aleatorio. La componente pseudoaleatoria se utiliza para repartir la energía en el dominio de la frecuencia, habilitar el acceso multiusuario y para hacer el sistema más resistente a interferencias externas. Veamos el siguiente ejemplo:

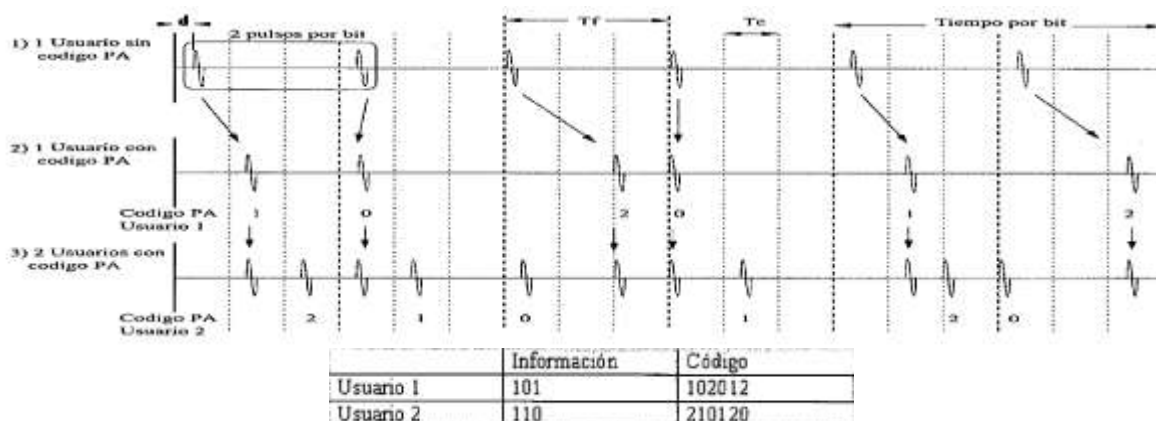


FIGURA 59 EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA PPM-UWB

En la figura anterior se muestran tres posibles señales UWB, en las tres señales se ha elegido transmitir dos pulsos por bit. La primera corresponde a la transmisión de la secuencia de información [101] por parte de un sólo usuario. Se puede observar que los pulsos correspondientes al bit '1' están desplazados respecto a la posición que tendrían si fueran un cero. En esta señal no se utiliza la componente pseudoaleatoria. La segunda señal contiene la misma información que la señal 1, pero en este caso se utiliza la componente pseudoaleatoria. La utilización de la secuencia PA permite el acceso multiusuario tal como se muestra en la señal número 3.

Estos son algunos de los parámetros básicos de una señal PPM-UWB tal y como la hemos visto representada en la figura anterior:

- **Ns**: Número de pulsos por bit. En el ejemplo  $N_s=2$ . En casos reales se usan valores desde 200 a 2000 pulsos por bit.
- **d**: Tiempo de desplazamiento por información. Valor típico 0.156 ns.
- **Tf**: Tiempo de repetición de pulso. En casos reales suele ser entre 100 y 1000 veces mayor que la duración del pulso.
- **Tc**: Tiempo de desplazamiento por código.

Luego, con estos parámetros, la velocidad de transmisión será:  $R_s=1/T_s=1/(T_f*N_s) \text{ s}^{-1}$ .

La detección óptima en entornos multiusuario conlleva un aumento en la complejidad del diseño de los receptores siendo el receptor óptimo el receptor coherente. Este detector multiplica la señal de entrada por un pulso "plantilla". La señal que sale del multiplicador se integra y el valor de la integración, de todos los pulsos que forman un bit, es el que determina la decisión entre 0 o 1. Si el pulso recibido es  $r(t)$ , el pulso plantilla acostumbra a ser  $v(t)=r(t)-r(t-d)$ . Tal como es de esperar, la correlación de estos dos pulsos tiene un valor máximo cuando no existe retardo entre ellos. Por el contrario, el valor de la correlación entre ambos pulsos es mínimo cuando el pulso recibido llega retardado  $d$ . El valor umbral de decisión es 0. Esto significa que para valores positivos de la correlación se decide que el bit recibido es 0 y para valores negativos de la correlación se decide que el bit recibido es 1.

Una de las ventajas de los sistemas UWB con modulación por impulsos es su inherente robustez al desvanecimiento multicamino, ya que éste se produce por la interferencia destructiva causada por la suma de señales que, al llegar por diferentes caminos, pueden estar desfasadas unas de otras. Los pulsos extremadamente estrechos de UWB que resultan de las reflexiones en la propagación multicamino, son tratados de forma independiente en el receptor en lugar de combinarse destructivamente. Como resultado, la atenuación variante con el tiempo, que tanto daño hace a los sistemas de banda estrecha, se reduce significativamente por la naturaleza de la forma de onda UWB.

#### 4.2.3.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS UWB

Como comentamos anteriormente, la aplicación más importante del MB-OFDM es el USB inalámbrico o *wireless USB*. Por otro lado, los sistemas IR-UWB tienen diversas aplicaciones comerciales y militares algunas de las cuales serían:



1.- Sistemas de obtención de imágenes: dispositivos IR-UWB diseñados para obtener imágenes a través de muros o de objetos enterrados a baja profundidad, imágenes médicas de diagnóstico, etc. Dentro de estos sistemas, el FCC definió cinco subtipos de sistemas de obtención de imágenes:

- GPR (Sistema de Radar de Penetración de tierra, *Ground Penetrating Radar Systems*), son radares que obtienen imágenes de objetos enterrados a baja profundidad
- WIS (Sistemas de Obtención de Imágenes dentro de Estructuras, *Wall Imaging Systems*), aplicación enfocada a obtener imágenes de objetos dentro de estructuras sólidas como habitaciones o edificios.
- TWIS (Sistemas de Obtención de Imágenes a través de Estructuras, *Through-Wall Imaging Systems*), aplicación usada para obtener imágenes de personas u objetos estáticos o en movimiento a través de paredes, muy útil en operaciones de rescate, de policía u operaciones militares.
- SS (Sistemas de Vigilancia, *Surveillance Systems*), estos sistemas funcionan estableciendo zonas para la detección de intrusos por medio de IR-UWB. Sólo pueden ser empleados por las fuerzas militares, de rescate y bomberos, entre otros.
- MS (Sistemas de Obtención de Imágenes Médicas), su función es obtener imágenes del interior del cuerpo de los seres vivos sin necesidad de realizar procedimientos invasivos.

2.- Sistemas de radar vehicular (Vehicular Radar Systems): son radares vehiculares que permiten a los automóviles identificar y ubicar objetos inmóviles o en movimiento. Con esta información pueden evitar colisiones, mejorar los sistemas de seguridad del vehículo e implementar nuevos sistemas de navegación.

3.- Sistemas de comunicación y medición (Communications and Measurement Systems): estas aplicaciones se enfocan en redes de datos y de sensores de baja velocidad, baja potencia y alta durabilidad de las baterías en redes WPAN (*Wireless Personal Area Networks*). El alcance esperable rondaría los 10-20 m y su uso fundamental sería la distribución de audio y video de alta calidad en tiempo real de tal manera que se sustituyera el cableado en los sistemas de entretenimiento.

Adicionalmente, no se debe olvidar que esta tecnología fue desarrollada por la industria militar, por lo que en este campo se tendrían otras aplicaciones como: radar de alta precisión, sistemas de radio localización, dispositivos con baja posibilidad de detección e interceptación para equipos de combate, radares anticolidión para munición inteligente, etc.

## 4.3 ADECUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ANALIZADAS A LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA

En el presente capítulo hemos realizado un detallado repaso a las posibles alternativas tecnológicas, tanto de banda ancha fija como móvil, presentes a día de hoy en el mercado de las telecomunicaciones. De entre estas alternativas evidentemente no todas ellas van a permitir a los Estados Miembros alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea, en materia de banda ancha, en su Agenda Digital para Europa. Repasemos de nuevo cuales son estos objetivos y los plazos marcados para su cumplimiento.

El objetivo fundamental en materia de banda ancha se podría ver en dos fases:

1. **FASE I:** poner la banda ancha básica (entendida como aquella que presenta velocidades inferiores a 10 Mbps) a disposición de todos los europeos a más tardar en 2013.
2. **FASE II:** garantizar, para 2020, que todos los europeos tengan acceso a Internet a velocidades por encima de los 30 Mbps y que al menos el 50% de los hogares europeos, para ese año, estén abonados a accesos a Internet por encima de los 100 Mbps.

Veamos, entonces, en base a estos objetivos, el lugar que ocupan cada una de las tecnologías, tanto fijas como móviles, previamente analizadas:

### ➤ TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA FIJA

Tecnología	Downlink (Mbps)	Uplink (Mbps)	Dependencia con la distancia	Adecuada para cumplir los objetivos de la Fase I	Adecuada para cumplir los objetivos de la Fase II
ADSL	1.5 – 8	1	Sí, limitado a distancias medias y cortas (<1.5 km)	SI	NO
ADSL2	11	1.5	Sí, limitado a distancias medias y cortas (<1.5 km)	SI	NO
ADSL2+	24	2	Sí, limitado a distancias medias y cortas (<1.5 km)	SI	NO
VDSL	52	16	Sí, limitado a distancias cortas y muy cortas (<700 m)	SI	NO
VDSL2 (bucle < 250 m)	100	100	Sí, limitado a distancias cortas y muy cortas (<700 m)	SI	SI
VDSL2 (bucle < 400 m)	70	30	Sí, limitado a distancias cortas y muy cortas (<700 m)	SI	NO
VDSL2 (bucle < 900 m)	30	5	Sí, limitado a distancias cortas y muy cortas (<700 m)	SI	NO
HFC (DOCSIS 2.0)	57.20	30.72	NO	SI	NO
HFC (DOCSIS 3.0)	320	160	NO	SI	SI
FTTH (GPON)	2.5 Gbps (100 o más por usuario)	1.5 Gbps (100 o más por usuario)	NO	SI	SI

**TABLA 19** CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA FIJA

Como se puede ver en la tabla comparativa anterior, no son muchas las tecnologías de banda ancha fija que podrían adecuarse al cumplimiento de los objetivos finales planteados por la Agenda Digital Europea. Dichos objetivos plantean un fin último que es el que las velocidades mínimas de las líneas de banda ancha de los hogares europeos se sitúen en los 30 Mbps en 2020 pero con la mitad de ellos disfrutando de líneas de hasta 100 Mbps. Con estos datos las únicas tres tecnologías posibles serían: VDSL2 (bucle<250m), HFC (DOCSIS 3.0) y FTTH. De estas tres tecnologías la primera quedaría, a nivel práctico, descartada dada la extrema dependencia con la distancia que presenta. Siendo así, cabe concluir que un escenario real para la consecución de los objetivos de banda ancha de la Agenda Digital Europea pasaría por el despliegue de DOCSIS 3.0 en las redes de cable y la evolución paulatina de las redes de par trenzado de cobre hacia redes de fibra hasta el hogar (pasando, muy posiblemente, por las distintas topologías de redes de fibra, FTTN o FTTB, y en asociación con tecnologías VDSL2 hasta desplegar de manera completa la red de fibra hasta el hogar del abonado).

Dado que, a nivel Europeo, casi un 77% de la banda ancha desplegada actualmente se basa en tecnologías DSL, tal y como vimos en el segundo capítulo del presente Proyecto, el mayor reto que se presenta a los Estados Miembros será el fomentar y promover que esa evolución hacia redes basadas en fibra se produzca en los plazos de tiempo adecuados. Para ello en el capítulo siguiente veremos qué implicaciones económicas presentará ese despliegue de fibra óptica tanto para los Estados Miembros como para los operadores implicados directamente en dicho despliegue y, posteriormente en el siguiente capítulo, veremos qué implicaciones regulatorias tendrá el fomento de ese despliegue de tecnologías de fibra tanto para la Unión Europea como, subsidiariamente, para sus Estados Miembros.

## ➤ TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA MÓVIL

Tecnología	Downlink (Mbps)	Uplink (Mbps)	Adecuada para cumplir los objetivos de la Fase I	Adecuada para cumplir los objetivos de la Fase II
HSPA+	21 (28 sin codificación)	8.3 (11 sin codificación)	SI	NO
DC-HSPA	35 (42 sin codificación)	16,6 (23 sin codificación)	SI	NO
LTE	300 (valores realistas: ≈ 35/40)	75 (valores realistas: ≈ 20)	SI	NO
LTE ADVANCED	100 (movilidad) 1 Gbps (estático)	50	SI	SI
WIMAX MÓVIL	39.9 (TDD) 35.3 (FDD)	11.5 (TDD) 17.3 (FDD)	SI	NO
WIMAX 2	100 (movilidad) 1 Gbps (estático)	50	SI	SI
BANDA ULTRA ANCHA	100 o más (pero en entornos WPAN)	100 o más (pero en entornos WPAN)	SI	SI

**TABLA 20 CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA MÓVIL**

Al igual que vimos en el caso anterior con las tecnologías de banda ancha fija, la tabla comparativa anterior nos muestra que tan sólo dos tecnologías de banda ancha móvil se adecuarían al cumplimiento de los objetivos finales planteados por la Agenda Digital Europea. Estas tecnologías han sido las consideradas por la UIT como realmente de 4G y serían el *LTE Advanced* y el *Wimax 2*. Como ya analizamos anteriormente, ambas tecnologías presentan muchas similitudes, sin embargo, a nivel europeo, la tecnología móvil desplegada casi en su totalidad se encuentra basada en los estándares del 3GPP, partiendo de GSM hasta HSPA+ o DC-HSPA, por lo que la evolución natural hará muy probablemente que la práctica totalidad de los operadores móviles europeos se decanten por LTE y *LTE Advanced* como tecnologías de futuro. De esta forma, en el capítulo siguiente analizaremos las implicaciones económicas de esta evolución, relacionados fundamentalmente con la compra de licencias de espectro radioeléctrico, así como las inversiones en conseguir evolucionar los elementos de red actualmente desplegados para tecnologías del 3GPP previas hacia los nuevos elementos de red de LTE y *LTE Advanced*.

Para finalizar el presente capítulo, comentar que dentro de las tecnologías de banda ancha móvil, las redes de banda ultra ancha también jugarán, muy previsiblemente, un papel importante en el futuro a medio plazo. Sin embargo, es de suponer que ésta tecnología tenga un papel protagonista en otros ámbitos, fundamentalmente en el de la conducción, el de la telemedicina y muy posiblemente también en el del entretenimiento dentro del hogar. En este sentido las mayores implicaciones e impulsos a la tecnología vendrán del ámbito regulatorio y de estandarización fomentando y abriendo a los Estados Miembros y a la Industria en general la posibilidad de hacer uso de esta tecnología para proporcionar a los ciudadanos servicios y productos innovadores.

## 5. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL DESPLIEGUE DE LAS REDES DE BANDA ANCHA Y ULTRA ANCHA

En este capítulo realizaremos un detallado análisis de las implicaciones económicas del despliegue de las dos tecnologías que concluimos en el capítulo anterior como posibilitadoras de cara al cumplimiento de los objetivos de la Agenda Digital Europea en materia de banda ancha: FTTH y LTE.

### 5.1 TECNOLOGÍAS DE RED FIJA

#### 5.1.1 TEORÍA DE COSTES Y MODELOS PARA SU DETERMINACIÓN

El concepto de orientación a costes consiste en determinar el coste promedio en que incurre un operador eficiente de acuerdo a una determinada tecnología teniendo en cuenta las posibles economías de escala y ámbito del operador. Siguiendo esta definición, las Autoridades de Reglamentación de cada país tratan de fijar precios con “orientación a costes” tanto para la interconexión (definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como: “los arreglos comerciales y técnicos bajo los cuáles los proveedores de servicios conectan sus equipos, redes y servicios para permitir a los consumidores acceder a servicios y redes de otros proveedores de servicios”) como para la desagregación del bucle de abonado.

Esta orientación a costes impide el abuso de posición dominante por parte del operador *incumbente* favoreciendo la competencia en un determinado mercado, sin embargo, para fijar estos precios se requiere conocer la forma en que se estructuran y se distribuyen los costes entre los servicios que presta un operador. Para llevar a cabo esta tarea existen varios métodos cuya selección dependerá de los objetivos del caso de estudio y de la información disponible. Veamos de manera breve cuales serían estos métodos:

##### 5.1.1.1 METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTES

De manera general, se pueden señalar dos formas para determinar los precios orientados a costes:

- El primer caso se apoya en hacer una comparación de los precios de diferentes mercados (*benchmark*). Esto significa que se asume la información de un mercado, que opera de manera eficiente, como modelo a seguirse. Esta metodología tiene la ventaja de su simplicidad aunque siempre hay que tener en cuenta que no hay dos mercados iguales y que se deberán realizar correcciones que en la práctica podrían hacer inviable la aplicación de esta aproximación.
- La segunda forma se trata de un enfoque analítico que se basa en una empresa eficiente como modelo (*Coste Incremental a Largo Plazo o LRIC*, del inglés Long Run Incremental Cost). Esta metodología estima el coste adicional en el que una empresa incurre en el largo plazo para proveer un servicio particular bajo el supuesto

de que todas las otras actividades productivas permanecen sin cambios. Esta metodología es la que, de manera tradicional, se ha venido empleando por las Autoridades de Reglamentación a la hora de calcular los precios de interconexión o de desagregación del bucle de abonado, y será la metodología, por tanto, que nosotros también empleemos en nuestro análisis. Este uso mayoritario es debido a la ventaja que ofrece este sistema a la hora de introducir niveles de eficiencia a largo plazo así como a la hora de evaluar los costes por cada componente de cada servicio.

#### 5.1.1.2 FUENTES DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTES

Para llevar a cabo una determinación de costes basada en LRIC se necesitan datos iniciales relativos a estos costes provenientes de una etapa previa y que pueden haberse obtenido, a su vez, siguiendo distintos enfoques. Así tendremos:

- Costes Históricos: son aquellos en los que efectivamente ha incurrido una empresa, registrados y contabilizados por ella. Este enfoque tiene la ventaja de transparentar los gastos efectivos realizados por el operador sin embargo tiene la desventaja de no incentivar mayores niveles de eficiencia en el *incumbente*, dado que los costes declarados son posteriormente cubiertos por el precio sin que existan incentivos a mejoras tecnológicas, innovación o investigación.
- Costes Prospectivos (En inglés, Forward Looking Costs): este enfoque estima costes teniendo en cuenta los mejores procedimientos o la tecnología más avanzada con el fin de incentivar mayores niveles de eficiencia de los operadores.
- Costes Actuales o Corrientes: coste histórico corregido sobre la base de un uso eficiente de los recursos que implica el empleo de la tecnología disponible más actualizada en términos económicos, de modo que no incorpore eventuales ineficiencias de la empresa. La mayor dificultad en el cálculo del coste corriente sobre la base de registros históricos se encuentra en la valoración de los activos, para lo cual pueden existir distintos enfoques tales como el coste neto de reposición (*net replacement cost*), coste bruto de reposición (*gross replacement cost*), etc.

#### 5.1.1.3 MODELOS BOTTOM-UP Y TOP-DOWN

Como hemos podido ver, no existe un método óptimo para la determinación de costes ya que todos ellos están sujetos a numerosas variables lo que hace inviable la aplicación pura de una u otra metodología. Es por ello que en la práctica se emplean combinaciones de varias de ellas aplicando aproximaciones que, de manera general, se agrupan en dos familias: las aproximaciones top-down (o descendentes) y las bottom-up (o ascendentes).



- Modelos Top-Down: metodología basada en tomar la red existente, con costes históricos, como base de información. Los valores de costes se corrigen, posteriormente, para obtener los costes corrientes o actuales.
- Modelos Bottom-up: metodología que consiste en simular los costes en los que incurre una empresa eficiente, utilizando la mejor tecnología disponible para la prestación del servicio.

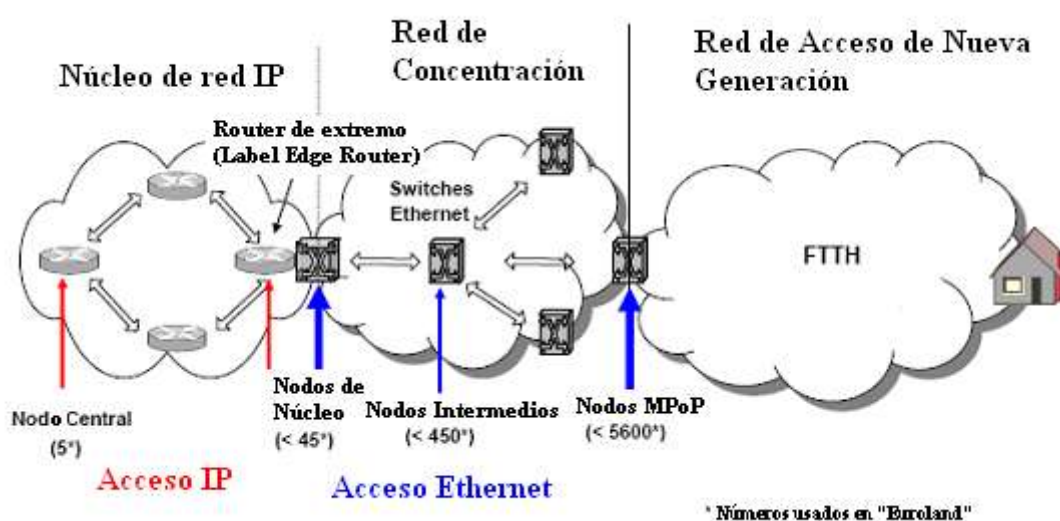
En la práctica se tiende a emplear modelos de costes que combinan los conceptos LRIC y bottom-up por lo que éste será el enfoque que seguiremos en nuestro análisis de costes a lo largo del presente capítulo, de tal manera que actuaremos de manera análoga a una Autoridad de Reglamentación que quisiera determinar los precios de desagregación del bucle de abonado de fibra o como un operador incumbente que quisiera determinar la viabilidad de su modelo de negocio en función de la ubicación geográfica, y por consiguiente, de las características demográficas de dicha ubicación o de un operador que quisiera competir de manera eficiente en el mismo mercado que el incumbente.

Comencemos, por tanto, con nuestro análisis:

### 5.1.2 ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH PUNTO A PUNTO

El objetivo fundamental que se persigue desde la introducción del concepto de “redes de nueva generación” es el de permitir el envío de todo tipo de contenido (datos, voz, video, televisión, etc.) usando siempre el protocolo IP sobre una única red (mientras que en el pasado cada tipo de contenido solía encaminarse a través de una red distinta). Este objetivo implica que el ancho de banda en la red de acceso se convierta en el cuello de botella de todo el sistema dado que todos los contenidos, como hemos comentado, tratarán de usar una única red con un único acceso al usuario final. De ahí la importancia de avanzar en redes de acceso que cada vez ofrezcan un mayor ancho de banda. En el capítulo anterior ya analizamos las distintas alternativas de redes de acceso de banda ancha y ultra ancha existentes a día de hoy y a corto/medio plazo en el panorama de las telecomunicaciones. También vimos que, en el ámbito de las tecnologías de red fija, la más adecuada para cumplir con la demanda de ancho de banda presente y futuro y con los requisitos impuestos por la Agenda Digital Europea era el acceso basado en fibra óptica. Es por ello que en esta sección nos centraremos en este tipo de red de acceso, y en concreto en la topología de red FTTH (del inglés “*Fiber To The Home*”, fibra hasta el hogar) para llevar a cabo el estudio de las implicaciones económicas que a un operador incumbente y a un competidor supondría el despliegue de este tipo de tecnología.

La arquitectura general de una Red de Nueva Generación aparece mostrada en la figura que aparece a continuación y, de manera genérica, estaría compuesta por tres segmentos de red: un núcleo de red IP, una red de concentración (que en la mayor parte de los casos está basada en Ethernet o ATM) y una red de acceso, que en nuestro caso estará basada en fibra óptica en su totalidad.



**FIGURA 60** ARQUITECTURA GENÉRICA DE UNA RED DE NUEVA GENERACIÓN

En lo que se refiere a la red de acceso, y usando la terminología de la Comisión Europea empleada en su Recomendación sobre Redes de Acceso de Nueva Generación (NGA) [39] que estudiaremos con más detalle en el siguiente capítulo, un “Punto de presencia metropolitano (MPoP)” será *el punto de interconexión entre las redes troncal y de acceso de un operador NGA. Es equivalente al repartidor principal (MDF, Main Distribution Frame) de las redes de acceso de cobre. Todas las conexiones de los abonados NGA de una zona dada (habitualmente una ciudad o parte de ella) se centralizan a través del MPoP en un repartidor óptico (ODF). A partir de este, los bucles NGA se conectan al equipamiento de red troncal del operador NGA o de otros operadores, posiblemente a través de líneas intermedias de concentración o enlace cuando no existe coubicación de equipos en el MPoP.*

Así pues el MPoP será la última localización en la que exista un switch Ethernet de la red de concentración y uno o más ODFs (repartidores ópticos) para cubrir una determinada zona geográfica. En general, para cubrir el área geográfica de un determinado país, en principio se necesitarían menor número de MPoPs que de MDFs, dado que la fibra supera las restricciones de longitud de línea que presenta el cobre, sin embargo nosotros supondremos a lo largo del presente capítulo que todos los MDFs se reutilizan como MPoP de cara a realizar el despliegue de FTTH.

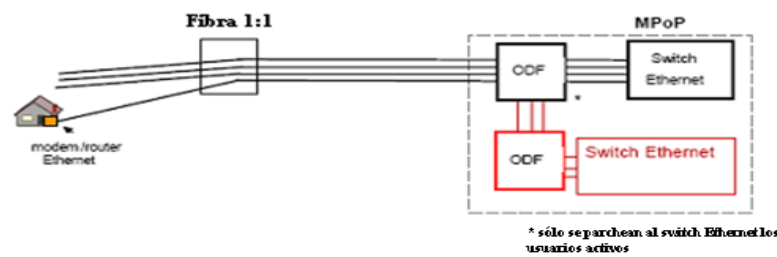
En este despliegue punto a punto de FTTH tendremos una fibra por hogar desde los MPoPs así como fibra también desplegada dentro de los propios hogares, lo que hace que este tipo de topología sea la que conlleve mayores inversiones en el despliegue haciendo de ella el caso de uso más costoso en cuanto a recursos económicos se refiere, lo que nos servirá también de referencia en comparación con operadores que opten inicialmente por topologías mixtas de fibra y cobre. En cualquier caso, dado que a priori no se conoce con certeza las necesidades futuras de ancho de banda tanto para usuarios residenciales como empresariales, esta topología punto a punto es la que demuestra ser una apuesta de futuro segura (ya que

toda la capacidad y espectro de la fibra está disponible por usuario para sus demandas presentes y futuras) para cualquier operador que se decante por ella, de ahí que nos vayamos a centrar en ella para nuestro estudio económico.

En las arquitecturas FTTH, punto a punto el acceso físico a las líneas de fibra se produce en el MPoP por lo que será en ese punto en el que un operador que quiera hacer la competencia al incumbente pueda acceder al usuario final. Esto se conseguirá mediante la desagregación del bucle local de fibra, de manera similar a como se produce hoy en día en el caso de bucles locales de cobre, colocando en los MPoPs del operador incumbente sus propios equipos ODFs por parte del competidor. Estos equipos ODF del competidor se conectarán, entonces, a los ODFs del operador incumbente mediante conexiones dedicadas. Adicionalmente el competidor deberá colocar igualmente sus *switches* Ethernet en las instalaciones del MPoP y deberá costear del mismo modo los gastos de su red de concentración y red troncal. En la figura 61 aparecen de manera detallada estos y otros gastos a cargo del operador en competencia con el incumbente así como los propios gastos de dicho operador incumbente.

Respecto a las longitudes del bucle de abonado, a día de hoy con tecnología de fibra se podrían llegar a alcanzar los 40-80 km sin necesidad de usar repetidores. Sin embargo, cuanta más distancia más caros son los interfaces y las tarjetas asociadas por lo que los despliegues se convierten en aún más costosos. Dado que se trata de analizar una situación en la que se quiere realizar un despliegue masivo ésta no será la opción más acertada, es por ello que a lo largo del análisis que realizaremos en este capítulo supondremos que las longitudes son las mismas que las presentes a día de hoy en los bucles de abonado con par trenzado de cobre.

En la siguiente figura se puede ver con más detalle los elementos de red que intervienen en este tipo de arquitectura. Como ya comentamos, en el MPoP se encontrarán los ODFs o repartidores ópticos que se usan para conectar las fibras que vienen de los usuarios parcheándolas a puertos ODF del lado de la red y de ahí mediante conexiones a los switches Ethernet hacia el equipo Ethernet que concentrará el tráfico hacia el núcleo de red. En la figura también aparecen detallados los costes en los que incurrirá el operador incumbente a la hora de desplegar este tipo de red (y que nos servirá de base para el cálculo de la inversión necesaria como veremos más adelante) si no que también se marcan (subrayando los conceptos correspondientes) los elementos que intervendrán en el cálculo del coste de la desagregación del bucle de abonado así como los costes en los que incurrirá otro operador que quiera competir en ese mismo mercado (en rojo).



#### COSTES DEL OP. INCUMBENTE

(subrayados los conceptos para el cálculo del bucle desagregado):

- CPE
- Red de acceso incluido el cableado dentro de los hogares
- ODFs + cableado de parcheo + espacio necesario para su colocación
- Switches Ethernet + espacio necesario para su colocación + energía
- Puerto Ethernet del lado de la red (uno por cada MPOB)

Adicionalmente: costes de la red troncal y de concentración

#### COSTES DEL OPERADOR COMPETIDOR:

- CPE
- **Cargos correspondientes a la desagregación del bucle de abonado**
- **ODFs del competidor + cableado de parcheo + espacio necesario para su colocación**
- **Switches Ethernet + espacio necesario para su colocación + energía**
- **Puerto Ethernet del lado de la red (uno por cada MPOB)**

**Adicionalmente: costes de la red troncal y de concentración del competidor**

**FIGURA 61** ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH PUNTO A PUNTO CON BUCLE DE ACCESO DE FIBRA DESAGREGADO

### 5.1.3 MODELO

A la hora de calcular los costes en los que incurrirá un operador de cara a desplegar FTTH nos basaremos en el modelo propuesto por *Steffen Hoernig* (entre otros) en su artículo publicado en 2011 [30] y en el que lleva a cabo un novedoso acercamiento a la evaluación del modelo de costes de diversos tipos de redes de acceso de nueva generación.

Así pues, nuestro modelo se basará, como ya adelantamos al comienzo del presente capítulo, en un modelo de costes de tipo *bottom-up*, es decir, el coste total de los servicios (bajo condiciones de eficiencia) se calculará teniendo en cuenta el coste de todos los elementos de red necesarios para proveer esos servicios a través de la arquitectura de acceso que hemos seleccionado, en nuestro caso FTTH. Este modelo es coherente con los modelos LRIC que suelen ser aplicados por las Autoridades de Reglamentación en la mayoría de los países del arco europeo.

El modelo supone una situación estacionaria en el futuro en la que se ha producido un despliegue total de la fibra substituyendo de manera completa las redes de acceso basadas en par trenzado de cobre. Para el cálculo de la inversión necesaria para llegar a ese despliegue total el modelo sigue un enfoque “*Greenfield*” lo que significa que el operador incumbente construirá una red nueva, eficiente y desde cero de manera que ninguno de los elementos de red existentes antes del despliegue de esta nueva red puede ser reutilizado. Este enfoque, sin embargo, no se ajusta realmente a la mayoría de las situaciones a las que se enfrentarán los operadores incumbentes a la hora de realizar su despliegue de fibra. En una situación real el operador podrá, muy posiblemente, reutilizar elementos de su red anterior para construir la nueva, lo que se conoce como enfoque “*Brownfield*”. El modelo “*Greenfield*”, aunque menos realista, nos permite, sin embargo, conocer el coste máximo en el que incurriría un operador a la hora de desplegar su red de fibra, de ahí que nos ofrezca una información más valiosa, en

un primer acercamiento al problema, que el enfoque “*Brownfield*” y de ahí que nos vayamos a basar en él para nuestro análisis.

El objetivo de nuestro análisis será, por tanto, conocer los costes de desplegar FTTH considerando que es el operador incumbente el que realizará dicho despliegue. Del mismo modo, determinaremos los costes en los que incurrirá un competidor que quiera proporcionar acceso a su red mediante desagregación del bucle de acceso de fibra del incumbente (calculando previamente el precio de dicho bucle de abonado). Conociendo estos costes podremos determinar la cuota de mercado crítica. Esta cuota crítica de mercado se calculará incrementando gradualmente la cuota de mercado, calculando los costes por usuario resultantes, y comparando estos costes con el beneficio esperado por usuario (ARPU) hasta llegar al punto en el que los costes por usuario igualen el ARPU y en ese punto obtendremos la cuota crítica de mercado que marca la frontera entre que un negocio sea o no rentable.

Con respecto a esta cuota crítica de mercado, hay que tener en cuenta que en el mercado de las telecomunicaciones fijas resulta imposible alcanzar, por parte de todos los operadores en su conjunto, una cuota de mercado del 100% ya que siempre existirán potenciales usuarios que no quieran usar la red fija y se decanten por el uso exclusivo de la red móvil, o que, por ejemplo, no usen las telecomunicaciones en ninguna de sus modalidades. Es por ello que el modelo plantea una cuota de mercado máxima del 70% (valor bastante realista si tenemos en cuenta los valores de penetración de la red fija en la Unión Europea estudiados en el Capítulo 2).

Veamos con más detalle las características del modelo que utilizaremos:

### 5.1.3.1 EUROLANDIA

La viabilidad del despliegue de las redes de acceso depende enormemente de la densidad de abonados (abonados por  $\text{km}^2$ ) de la zona en la que se realiza dicho despliegue. Cuanto más abonados más pronto el despliegue se convierte en viable. Es por ello que los resultados dependerán de manera crítica de la estructura demográfica del determinado país bajo análisis. De cara a plantear el modelo y llevar a cabo nuestro análisis en este capítulo se supondrá la existencia de un país ficticio, *Eurolandia* (tal y como aparece denominado en el artículo de Hoernig), que presenta una estructura demográfica típica y común a la mayoría de los países de la Unión y que, por ello, nos serviría perfectamente como modelo aplicable al análisis del caso español, por ejemplo.

Las características de Eurolandia serían las siguientes: 22 millones de hogares, lo que supone alrededor de 40 millones de habitantes, y una estructura demográfica de la que se pueden extraer 8 zonas geográficas distintas caracterizadas por distintas densidades de abonados. Cada una de éstas zonas las llamaremos *cluster* y para cada una de ellas se calculará, de manera independiente, la viabilidad del despliegue y la cuota crítica de mercado, de tal manera que el operador incumbente decidirá invertir o no en cada uno de estos clusters de manera independiente de acuerdo a éstos resultados. Veamos, en la tabla que aparece a continuación, los valores que caracterizan a cada uno de estos clusters:

ZONA DEMOGRÁFICA	ID CLUSTER	USUARIOS POTENCIALES POR KM2	NÚMERO DE POTENCIALES USUARIOS POR CLUSTER	CUOTA SOBRE EL TOTAL DE POTENCIALES USUARIOS (%)	NÚMERO DE MDFs	POTENCIALES USUARIOS POR MDF	LONGITUD DE ZANJA MEDIA POR ABONADO (m)
DENSAMENTE URBANA	1	4000	1.763.916	8	69	25564	2.4
URBANA	2	1600	2.163.672	10	168	12879	5.4
MENOS URBANA	3	800	2.646.000	12	252	10500	7.8
DENSAMENTE SUBURBANA	4	470	2.062.480	9	280	7366	10.2
SUBURBANA	5	280	2.460.360	11	303	8120	13.1
MENOS SUBURBANA	6	150	2.989.056	14	417	7168	17.4
DENSAMENTE RURAL	7	60	4.331.208	20	1.421	3048	28.6
RURAL	8	<60	3.448.368	16	2.488	1386	55.1
			<b>21.865.060</b>	<b>100</b>	<b>5.398</b>		

**TABLA 21** PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE EUROLANDIA

Gracias a la división anterior podremos estudiar la diferencia de costes del despliegue en una u otra zona demográfica. La información específica de cada cluster nos servirá, como veremos más adelante, para calcular de manera independiente los costes del cableado o los costes del espacio necesario por cada MPoP. En lo que se refiere al cableado se supondrá que a medida que nos vamos situando en zonas menos pobladas se tiende a usar en mayor medida cableado aéreo en sustitución del cableado subterráneo mediante zanjas. Así pues, el modelo especifica estos valores:

ZONA DEMOGRÁFICA	ID CLUSTER	% DE CABLEADO AÉREO
DENSAMENTE URBANA	1	0
URBANA	2	0
MENOS URBANA	3	10
DENSAMENTE SUBURBANA	4	20
SUBURBANA	5	30
MENOS SUBURBANA	6	40
DENSAMENTE RURAL	7	60
RURAL	8	60

**TABLA 22** % DE DESPLIEGUE DE LÍNEAS AÉREAS POR CLUSTER

### 5.1.3.2 ESTRUCTURA DE RED

La estructura de red en la que se basa el modelo coincide con la arquitectura genérica de una red de nueva generación que ya hemos descrito anteriormente formada por: núcleo de red o red troncal, red de concentración y red de acceso. De acuerdo a las características del país ficticio sobre el que se asienta el modelo se considera que la red troncal de Eurolandia está formada por 45 nodos de núcleo (5 de ellos con funciones adicionales como nodos centrales) y alrededor de 450 nodos intermedios formando la red de concentración tal y como se muestra en la figura 60.



Por simplicidad el modelo describirá el coste asociado tanto al núcleo de red como a la red de concentración a través de sendas funciones de coste caracterizadas por un coste fijo y otro variable por usuario. Veamos cuales son estas funciones de coste:

	COSTE (POR MES)
NÚCLEO DE RED	7 millones de € + 1.32 € por usuario
RED DE CONCENTRACIÓN	6 millones de € + 0.092 € por usuario

**TABLA 23** FUNCIONES DE COSTE PARA LA RED TRONCAL Y DE CONCENTRACIÓN

El coste fijo de la red troncal y de concentración se distribuirá por cada uno de los MPoPs presentes en cada cluster y de ahí se repercutirá a cada uno de los usuarios en cada uno de dichos clusters.

Otro dato importante, con respecto a los MPoPs, es que su tamaño se calculará teniendo en cuenta que deben servir líneas de fibra para el 100% de los hogares posibles por MPoP, mientras que el dimensionamiento de los elementos activos y de los ODFs se realizará en base a la cuota de mercado máxima (es decir, el 70% de los posibles usuarios por cluster).

### 5.1.3.3 DEMANDA

El modelo plantea que el abonado medio tendrá una demanda de unos 400 kbps en la hora cargada y que se obtendrá un beneficio medio por usuario, ARPU (del inglés *Average Revenue Per User*) de 44.25 € basándose en esta oferta de servicios al usuario, lo que se conoce como cesta de servicios o “*consumer mix*”, en inglés:

- “single play”: sólo voz
- “double play”: voz y datos de banda ancha
- “triple play”: voz, datos de banda ancha e IPTV
- Usuarios empresariales: voz, datos de banda ancha y VPN

	TRÁFICO EN LA HORA CARGADA POR USUARIO (kbps)	BENEFICIO MEDIO POR USUARIO (€)	% DE USUARIOS
SÓLO VOZ	20	17	5
VOZ Y DATOS	380	36	25
VOZ, DATOS E IPTV	425	44	60
VOZ, DATOS Y VPN - USUARIO EMPRESARIAL	800	80	10
<b>USUARIO MEDIO</b>	<b>406,25</b>	<b>44,25</b>	<b>100</b>

**TABLA 24** CESTA DE SERVICIOS O CUSTOMER MIX

El modelo también plantea un ARPU algo más bajo para un operador que quiera competir en el mercado reflejando así la ventaja competitiva que presenta el operador incumbente (por marca, base de usuarios, etc.). Este ARPU se considerará un 5% menor que el del operador incumbente, es decir, 42.04 €.

#### 5.1.3.4 CAPEX Y OPEX

##### ➤ CAPEX

Para calcular los costes del capital o CAPEX calcularemos la inversión necesaria para el despliegue en cada cluster siguiendo una metodología *bottom-up*, como ya adelantamos, y a partir ella el modelo de costes anualizará los costes de inversión multiplicándolos por un factor relacionado con el coste del capital, más concretamente con el WACC (del inglés *Weighted Average Cost of Capital*). Este factor es el CCF del inglés *Capital Cash Flow* que se calculará de la siguiente manera:

$$CCF = \frac{WACC - PC}{1 - \left( \frac{(1 + PC)}{(1 + WACC)} \right)^n}$$

Siendo **n** el tiempo de vida de un elemento de red y **PC** el cambio de precio que dicho elemento experimentará a lo largo de su vida útil.

Adicionalmente a los costes derivados de la inversión en elementos directamente relacionados con el despliegue de la red el modelo también tiene en cuenta la inversión necesaria en elementos indirectamente relacionados con el despliegue tales como los motores y utensilios necesarios para cavar las zanjas, el equipamiento de oficina, etc... Esta inversión indirecta se estimará como un % de sobrecoste con respecto a la inversión directa en elementos de red.

Veamos cuales son los valores considerados en el modelos para cada uno de los parámetros anteriormente mencionados:

ELEMENTO DE RED	TIEMPO DE VIDA (años) - n
CPE	5
FIBRA DENTRO DEL HOGAR	20
CABLE AEREO	20
CABLE SUBTERRÁNEO	20
PUERTOS ODF	20
PUERTOS ETHERNET	7
ESPACIO SUELO	20

**TABLA 25** TIEMPO DE VIDA DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL DESPLIEGUE

	ELEMENTO	VALOR
COSTES DIRECTOS Y OTROS PARÁMETROS	CAMBIO DE PRECIOS (PC)	0
	WACC (%)	10
	SOBRECOSTE, SOBRE LA INVERSIÓN DIRECTA, DEBIDO A COSTE DE LA INVERSIÓN INDIRECTA (%)	12
	CPE (€)	100
	PUERTOS ODF (€) / CABLEADO DE PARCHEO (€)	23 / 11
	PUERTO ETHERNET (1 Gbps) - €	120
	PUERTO ETHERNET (10 Gbps) - €	2000
	CABLEADO AEREO (€ POR METRO)	15
	COSTE ZANJAS (€ POR METRO)	100 (cluster 1 a 6)/ 60 (clusters 7 y 8)
	PRECIO DEL SUELO (por mes por metro cuadrado)	1000 € por metro cuadrado de inversión inicial + 20 euros mensuales por metro cuadrado en concepto alquiler
	ESPACIO BASE EN EL MPoP (metros cuadrados)	30

**TABLA 26** VALORES ASUMIDOS EN EL MODELO PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL DESPLIEGUE

#### ➤ OPEX

Adicionalmente, el modelo de costes también tiene en cuenta los costes de operar la red y de llevar a cabo tareas de mantenimiento, lo que se conoce como costes operativos u OPEX. Estos costes, por una lado, se calcularán como un incremento, respecto a la inversión directa e indirecta, del 0.5% respecto de la inversión en los elementos pasivos, un 8% con respecto a la inversión en los activos y un 15% con respecto a la inversión en líneas aéreas, ya que se considera que el mantenimiento de este tipo de líneas es más elevado que el de las líneas subterráneas convencionales.

Por otro lado, también se tendrá en cuenta el coste de la energía necesaria para operar el sistema. Para ello, el modelo propone un coste medio del consumo energético por puerto y por mes con valores realistas extraídos de consultas a diversos fabricantes. A través de estos datos y conociendo el número de puertos activos por MPoP podremos conocer el coste energético de ese determinado MPoP. Estos serán los valores que se usarán en el cálculo de los costes por consumo energético:

ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)
COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17
COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3

**TABLA 27** COSTE MEDIO ENERGÉTICO POR PUERTO Y POR MES

Otro punto que se ha tenido en cuenta ha sido el referido al espacio físico necesario por cada MPoP. Se ha considerado un espacio mínimo de 30 m<sup>2</sup> en cada uno de ellos para dar cabida a las oficinas, los servicios, las áreas de circulación, etc. más un espacio variable en función de los equipos necesarios en cada MPoP. De cara a calcular este espacio variable se han consultado diversas hojas de características de diversos fabricantes por lo que se asumirán estos datos considerados bastante cercanos a la realidad: los racks ocuparán un espacio físico de unos 2 m<sup>2</sup> (realmente suele ser menos pero se considera este valor por

razones de holgura) y contarán, en media, con unas 40 U (unidades de rack, o *rack units* en inglés), adicionalmente usaremos ODFs de 4 U cada uno de ellos (con capacidad para 144 fibras) y switches Ethernet también de 4 U con 16 puertos cada uno. Adicionalmente se debe tener en cuenta una U por arriba y por debajo de cada equipo por cuestiones de seguridad y evitar el calentamiento excesivo de los equipos si se colocan excesivamente cerca unos de otros. Con estos datos tendremos que por cada rack de ODFs conseguiremos colocar 6 de ellos de 144 fibras cada uno y por rack de switches Ethernet conseguiremos colocar 6 de 16 puertos cada uno de ellos. Así pues, a la hora de calcular el espacio necesario en cada MPoP se va a suponer un despliegue hasta llegar a la cuota de mercado máxima conseguible, que como vimos era del 70%. Una vez calculado este espacio se supondrá un coste de 1000 € por m<sup>2</sup> como inversión inicial más un coste mensual por alquiler de 20 € por m<sup>2</sup>.

Adicionalmente a todo lo anterior, se considerará un coste por abonado para cubrir los costes de adquisición de dicho usuario (ventas, marketing), el soporte a cliente y la tarificación de unos 5 € mensuales (es el conocido como coste “*retail*” en inglés) y se considerará que ambos operadores (incumbente y entrante) son igualmente eficientes a la hora de operar la red (OPEX similar) salvo por un sobreincremento sobre el OPEX por usuario y mes del operador en competencia con respecto al incumbente de 0.9 € debido a los gastos que ocasiona en el incumbente el disponer de una división de acceso al por mayor que se encargue de los temas relacionados con él y cuyos gastos, el incumbente, repercutirá en el operador entrante en esa medida.

Para terminar, consideraremos un sobreincremento del 10% aplicado a la suma del OPEX y el CAPEX debido a actividades no directamente relacionadas con el despliegue de la red pero sí necesarias para el funcionamiento del servicio, tales como: gestión, administración, recursos humanos, etc...

## 5.1.4 RESULTADOS: OPERADOR INCUMBENTE

### 5.1.4.1 CLUSTER 1

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER1</b>	1763916	1234741	69	25564	5	0

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	123474100	1193290745
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	452446144,6	
	CABLE AEREO (por m)	15	20	0	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	617370500	
					<b>TOTAL:</b>
					<b>1459311902</b>

MPoP	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	28399043	266021157	TOTAL POR ABONADO (70%)	1181,88
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	41981194			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	120	7	148168920			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gpbs)	2000	7	138000			
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	47334000			

➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	32103266	2675272,167	2,17	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	54293537,36	4524461,446	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	0	0	0	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	74084460	6173705	5	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	3407885,16	283990,43	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	5037743,28	419811,94	0,34	
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	0,21	31115473,2	2592956,1	2,1	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gpbs)	0,21	28980	2415	0	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	5680080	473340	0,38	CAPEX TOTAL:
						15,55

➤ CALCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,07
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,06
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,77
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	209905,97	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	158,7	0

	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,23
<b>TOTAL:</b>			<b>7,71</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+ 10%)</b>
<b>25,59</b>

### 5.1.4.2 CLUSTER 2

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER2</b>	2163672	1514570	168	12879	10	0

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	151457000	2221010885	<b>TOTAL:</b> <b>2550241775</b>	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	554983885,1			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	0			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	1514570000			
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	34835110	329230890	<b>TOTAL POR ABONADO (70%)</b> <b>1683,80582</b>	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	51495380			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	181748400			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	336000			
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	60816000			

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>(INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	39378820	3281568,333	2,17
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por	0,12	66598066,21	5549838,851	3,66



usuario)					
CABLE AEREO (por m)	0,12	0	0	0	
CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	181748400	15145700	10	
PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	4180213,2	348351,1	0,23	
PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	6179445,6	514953,8	0,34	
PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	38167164	3180597	2,1	
"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	70560	5880	0	
ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	7297920	608160	0,4	
<b>CAPEX TOTAL:</b>					<b>21,17</b>

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,14
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,12
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,8
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	257476,9	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	386,4	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,25
<b>TOTAL:</b>			<b>7,89</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>31,97</b>

### 5.1.4.3 CLUSTER 3

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER3</b>	2646000	1852200	252	10500	15	10

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
RED DE ACCESO	CPE	100	5	185220000	3406066146	TOTAL: 3811017546	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	678701646			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	41674500			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	2500470000			
MPoP	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	42600600	404951400	TOTAL POR ABONADO (70%) 2057,562653	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	62974800			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	120	7	222264000			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	504000			
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	76608000			

➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	48157200	4013100	2,17	CAPEX TOTAL: 25,36
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	81444197,52	6787016,46	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	5000940	416745	0,23	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	300056400	25004700	13,5	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	5112072	426006	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	7556976	629748	0,34	
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	0,21	46675440	3889620	2,1	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	105840	8820	0	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	9192960	766080	0,41	

➤ **CÁLCULO DEL OPEX**

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,18
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,15
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,83
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	314874	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	579,6	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,3
TOTAL:			8,04

Luego los costes totales por usuario serán:

COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)
36,74

#### 5.1.4.4 CLUSTER 4

➤ **PARÁMETROS**

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
CLUSTER4	2062480	1443736	280	7366	20	20

➤ **CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA**

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
RED DE ACCESO	CPE	100	5	144373600	3070003542	TOTAL:	3389384814
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	529028182,5			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	86624160			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	2309977600			
MPoP	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	33205928	319381272	TOTAL POR ABONADO (70%)	2347,64861
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	49087024			
	PUERTOS ETHERNET (1	120	7	173248320			

	Gpbs)				
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	560000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	63280000	

### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	37537136	3128094,667	2,17
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	63483381,9	5290281,825	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	10394899,2	866241,6	0,6
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	277197312	23099776	16
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	3984711,36	332059,28	0,23
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	5890442,88	490870,24	0,34
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	36382147,2	3031845,6	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	117600	9800	0,01
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	7593600	632800	0,44
CAPEX TOTAL:					28,62

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,25
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,22
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,88
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	245435,12	0,17

	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	644	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,37
<b>TOTAL:</b>			<b>8,3</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>40,61</b>

### 5.1.4.5 CLUSTER 5

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER5</b>	2460360	1722252	303	8120	25	30

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	172225200	4011004350	<b>TOTAL:</b> <b>4390380954</b>	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	631084800,4			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	193753350			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	3013941000			
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	39611796	379376604	<b>TOTAL POR ABONADO (70%)</b> <b>2549,2</b>	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	58556568			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	206670240			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	606000			
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	73932000			

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	44778552	3731546	2,17
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	75730176,04	6310848,004	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	23250402	1937533,5	1,13

	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	361672920	30139410	17,5	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	4753415,52	396117,96	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	7026788,16	585565,68	0,34	
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	43400750,4	3616729,2	2,1	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	127260	10605	0,01	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	8871840	739320	0,43	
						<b>CAPEX TOTAL:</b>
						<b>30,88</b>

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
<b>OPEX</b>	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,23
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,2
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,86
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	292782,84	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	696,9	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,46
<b>TOTAL:</b>			<b>8,33</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>43,13</b>

### 5.1.4.6 CLUSTER 6

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER6</b>	2989056	2092339	417	7168	30	40

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA



	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
RED DE ACCESO	CPE	100	5	209233900	5118760900	TOTAL:	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	766695779,8			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	376621020			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	100	20	3766210200			
						5583346903	
MPoP	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	48123797	464586003	TOTAL POR ABONADO (70%)	2668,471458
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	71139526			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	120	7	251080680			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	834000			
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	93408000			

### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	54400814	4533401,167	2,17	
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	92003493,57	7666957,798	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	45194522,4	3766210,2	1,8	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	451945224	37662102	18	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	5774855,64	481237,97	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	8536743,12	711395,26	0,34	
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	0,21	52726942,8	4393911,9	2,1	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	175140	14595	0,01	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	11208960	934080	0,45	
						CAPEX TOTAL:
						32,21

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,26
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,22
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	0,89
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	355697,63	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	959,1	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	0,56
TOTAL:			8,51

Luego los costes totales por usuario serán:

COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)
44,79

### 5.1.4.7 CLUSTER 7

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
CLUSTER7	4331208	3031845	1421	3048	60	60

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)		
RED DE ACCESO	CPE	100	5	303184500	7417196563	TOTAL:	8155615128
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	1110958963			
	CABLE AEREO (por m)	15	20	1637196300			
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	60	20	4365856800			
MPoP	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	69732435	738418565	TOTAL POR ABONADO (70%)	2689,98419
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	103082730			
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	120	7	363821400			
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10	2000	7	2842000			

	Gbps)				
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	198940000	

### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	78827970	6568997,5	2,17
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	133315075,6	11109589,63	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	196463556	16371963	5,4
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	523902816	43658568	14,4
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	8367892,2	697324,35	0,23
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	12369927,6	1030827,3	0,34
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	76402494	6366874,5	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	596820	49735	0,02
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	23872800	1989400	0,66
CAPEX TOTAL:					32,46

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	0,61
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	0,52
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	1,31
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	515413,65	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	3268,3	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	1,09

TOTAL: 10,11

Luego los costes totales por usuario serán:

**COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)**

**46,83**

### 5.1.4.8 CLUSTER 8

#### ➤ PARÁMETROS

	Nº TOTAL DE HABITANTES	70% DEL Nº TOTAL DE HABITANTES	Nº DE MDFs	POTENCIALES ABONADOS POR MDF	LONGITUD PROMEDIO DE LA ZANJA POR USUARIO POTENCIAL (m)	% DE CABLEADO AÉREO
<b>CLUSTER8</b>	3448368	2413857	2488	1386	110	60

#### ➤ CÁLCULO DE LA INVERSIÓN NECESARIA

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	241385700	9888196231
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	366,43	20	884509620,5	
	CABLE AEREO (por m)	15	20	2389718430	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	60	20	6372582480	
					<b>TOTAL:</b>
					<b>10618984920</b>
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	23	20	55518711	730788689
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	34	20	82071138	
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	289662840	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	4976000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	298560000	
					<b>TOTAL POR ABONADO (70%)</b>
					<b>4399,1773</b>

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	62760282	5230023,5	2,17
	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	106141154,5	8845096,205	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	286766211,6	23897184,3	9,9
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	764709897,6	63725824,8	26,4
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL	0,12	6662245,32	555187,11	0,23

USUARIO					
PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	9848536,56	820711,38	0,34	
PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	0,21	60829196,4	5069099,7	2,1	
"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	1044960	87080	0,04	
ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	35827200	2985600	1,24	
					<b>CAPEX TOTAL:</b>
					<b>51,61</b>

### ➤ CÁLCULO DEL OPEX

	ELEMENTO	COSTE POR MES	COSTE POR MES POR USUARIO
OPEX	COSTE FIJO NÚCLEO DE RED	7000000	1,34
	COSTE FIJO RED DE CONCENTRACIÓN	6000000	1,15
	COSTE VARIABLE NÚCLEO DE RED	NA	1,32
	COSTE VARIABLE RED DE CONCENTRACIÓN	NA	0,092
	COSTE RETAIL	NA	5
	ALQUILER SUELO (por metro cuadrado)	20	2,47
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	410355,69	0,17
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	5722,4	0
	OPEX MARKUP ON INVEST (0.5% en elementos pasivos, 8% en activos y 15% en líneas aéreas)	NA	1,83
TOTAL:			<b>13,37</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>71,48</b>

## 5.1.5 RESULTADOS: COMPETIDOR

### 5.1.5.1 CLUSTER 1

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	54293537,36	4524461,446	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	0	0	0
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	74084460	6173705	5

	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	3407885,16	283990,43	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	5037743,28	419811,94	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	1242000	103500	0,08	
						<b>COSTE TOTAL:</b>
						<b>10,43</b>

### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) – n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	123474100	123474100
<b>MPOp</b>	PUERTOS ODF	46	20	113596172	307167092
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	148168920	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	138000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	45264000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	209905,97	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	158,7	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	32103266	2675272,167	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	13631540,64	1135961,72	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	31115473,2	2592956,1	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	28980	2415	0
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	5431680	452640	0,37
					<b>5,56</b>
					<b>10,43</b>
					<b>COSTE LLU:</b>
					<b>CAPEX TOTAL: 15,99</b>
					<b>OPEX TOTAL: 8,61</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>27,06</b>

### 5.1.5.2 CLUSTER 2

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO



	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	66598066,21	5549838,851	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	0	0	0	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	181748400	15145700	10	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	4180213,2	348351,1	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	6179445,6	514953,8	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	1814400	151200	0,1	
COSTE TOTAL:						16,05

➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) – n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
RED DE ACCESO	CPE	100	5	151457000	151457000
MPOp	PUERTOS ODF	46	20	139340440	377200840
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	181748400	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	336000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	55776000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	257476,9	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	386,4	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	39378820	3281568,333	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	16720852,8	1393404,4	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	38167164	3180597	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	70560	5880	0
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	6693120	557760	0,37
COSTE LLU:					5,56
CAPEX TOTAL:					21,61
OPEX TOTAL:					8,79

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>33,44</b>

### 5.1.5.3 CLUSTER 3

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	81444197,52	6787016,46	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	5000940	416745	0,23	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	300056400	25004700	13,5	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	5112072	426006	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	7556976	629748	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	2419200	201600	0,11	
						<b>COSTE TOTAL:</b>
						<b>20,24</b>

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
RED DE ACCESO	CPE	100	5	185220000	185220000
MPoP	PUERTOS ODF	46	20	170402400	462218400
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	222264000	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	504000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	69048000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	314874	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	579,6	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	48157200	4013100	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	20448288	1704024	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	46675440	3889620	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	105840	8820	0
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	8285760	690480	0,37
COSTE LLU:					5,56 20,24
CAPEX TOTAL:					25,8
OPEX TOTAL:					8,94

Luego los costes totales por usuario serán:

COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)
38,21

#### 5.1.5.4 CLUSTER 4

##### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	63483381,9	5290281,825	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	10394899,2	866241,6	0,6
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	277197312	23099776	16
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	3984711,36	332059,28	0,23
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	5890442,88	490870,24	0,34
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	2217600	184800	0,13
COSTE TOTAL:					23,48

##### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
RED DE ACCESO	CPE	100	5	144373600	144373600
M P O P	PUERTOS ODF	46	20	132823712	361512032

	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	120	7	173248320	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	560000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	54880000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	245435,12	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	644	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	37537136	3128094,667	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	15938845,44	1328237,12	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gpbs)	0,21	36382147,2	3031845,6	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	117600	9800	0,01
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	6585600	548800	0,38
COSTE LLU:					5,58
CAPEX TOTAL:					29,06
OPEX TOTAL:					9,2

Luego los costes totales por usuario serán:

COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)
42,09

### 5.1.5.5 CLUSTER 5

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	75730176,04	6310848,004	3,66
	CABLE AEREO (por m)	0,12	23250402	1937533,5	1,13
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	361672920	30139410	17,5
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	4753415,52	396117,96	0,23
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH	0,12	7026788,16	585565,68	0,34

	CABLING					
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	2472480	206040	0,12	<b>COSTE TOTAL:</b> <b>25,74</b>

### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	172225200	172225200
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF	46	20	158447184	430565424
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	206670240	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	606000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	64842000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	292782,84	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	696,9	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	44778552	3731546	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	19013662,08	1584471,84	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	43400750,4	3616729,2	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	127260	10605	0,01
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	7781040	648420	0,38
<b>COSTE LLU:</b>					<b>5,58</b>
<b>CAPEX TOTAL:</b>					<b>31,32</b>
<b>OPEX TOTAL:</b>					<b>9,23</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>44,61</b>

### 5.1.5.6 CLUSTER 6

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>COSTE DEL LLU</b>	FIBRA DENTRO DEL HOGAR	0,12	92003493,57	7666957,798	3,66

	(por usuario)					
	CABLE AEREO (por m)	0,12	45194522,4	3766210,2	1,8	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	451945224	37662102	18	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	5774855,64	481237,97	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	8536743,12	711395,26	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	3202560	266880	0,13	
<b>COSTE TOTAL:</b>						<b>27,06</b>

➤ **CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX**

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	209233900	209233900
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF	46	20	192495188	525307868
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	251080680	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	834000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	80898000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	355697,63	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	959,1	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
<b>CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)</b>	CPE	0,26	54400814	4533401,167	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	23099422,56	1924951,88	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	52726942,8	4393911,9	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	175140	14595	0,01
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	9707760	808980	0,39
					5,59
<b>COSTE LLU:</b>					<b>27,06</b>
<b>CAPEX TOTAL:</b>					<b>32,65</b>
<b>OPEX TOTAL:</b>					<b>9,41</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>46,27</b>



### 5.1.5.7 CLUSTER 7

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
COSTE DEL LLU	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	133315075,6	11109589,63	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	196463556	16371963	5,4	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	523902816	43658568	14,4	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	8367892,2	697324,35	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	12369927,6	1030827,3	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	7843920	653660	0,22	
						<b>COSTE TOTAL:</b>
						<b>27,16</b>

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
RED DE ACCESO	CPE	100	5	303184500	303184500
MPoP	PUERTOS ODF	46	20	278929740	801903140
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	363821400	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	2842000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	156310000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	515413,65	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por mes)	2,3	NA	3268,3	

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	78827970	6568997,5	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	33471568,8	2789297,4	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	76402494	6366874,5	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO	0,21	596820	49735	0,02

	ETHERNET" (10 Gbps)				
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	18757200	1563100	0,52
					<b>5,73</b>
					<b>27,16</b>
					<b>CAPEX TOTAL: 32,89</b>
					<b>OPEX TOTAL: 11,01</b>

Luego los costes totales por usuario serán:

<b>COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)</b>
<b>48,29</b>

### 5.1.5.8 CLUSTER 8

#### ➤ PRECIO DE LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO	
<b>COSTE DEL LLU</b>	FIBRA DENTRO DEL HOGAR (por usuario)	0,12	106141154,5	8845096,205	3,66	
	CABLE AEREO (por m)	0,12	286766211,6	23897184,3	9,9	
	CABLE SUBTERRÁNEO (por m)	0,12	764709897,6	63725824,8	26,4	
	PUERTOS ODF DEL LADO DEL USUARIO	0,12	6662245,32	555187,11	0,23	
	PUERTOS ODF DEL LADO DE LA RED + PATCH CABLING	0,12	9848536,56	820711,38	0,34	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado) (SÓLO ODF)	0,12	11345280	945440	0,39	
						<b>COSTE TOTAL:</b>
						<b>45,83</b>

#### ➤ CÁLCULO DEL CAPEX Y DEL OPEX

	ELEMENTO DE RED	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO DE VIDA (años) - n	INVERSIÓN TOTAL (€)	SUMA (€)
<b>RED DE ACCESO</b>	CPE	100	5	241385700	241385700
<b>MPoP</b>	PUERTOS ODF	46	20	222074844	740633684
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	120	7	289662840	
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	2000	7	4976000	
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	1000	20	223920000	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 1 GBPS (por puerto por mes)	0,17	NA	410355,69	
	COSTE DE LA ENERGÍA PUERTO ETHERNET 10 GBPS (por puerto por	2,3	NA	5722,4	

	mes)			
--	------	--	--	--

	ELEMENTO	CCF	INVERSIÓN ANUALIZADA	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES	INVERSIÓN ANUALIZADA POR MES POR USUARIO
CAPEX (INVERSIÓN DIRECTA)	CPE	0,26	62760282	5230023,5	2,17
	PUERTOS ODF	0,12	26648981,28	2220748,44	0,92
	PUERTOS ETHERNET (1 Gbps)	0,21	60829196,4	5069099,7	2,1
	"ÚLTIMO PUERTO ETHERNET" (10 Gbps)	0,21	1044960	87080	0,04
	ESPACIO SUELO (por metro cuadrado)	0,12	26870400	2239200	0,93
COSTE LLU:					6,16
CAPEX TOTAL:					51,99
OPEX TOTAL:					14,27

Luego los costes totales por usuario serán:

COSTES TOTALES: CAPEX+OPEX (+10 %)
72,89

## 5.2 TECNOLOGÍAS DE RED INALÁMBRICA

Como analizamos en el capítulo anterior, en el ámbito de las tecnologías de red inalámbrica, la tecnología que muy previsiblemente se impondrá en el medio plazo, a nivel europeo, será la tecnología LTE. Desde el punto de vista económico el despliegue de este tipo de redes inalámbricas implica dos importantes ámbitos de inversión. Por un lado tendremos la inversión en el despliegue de red como tal pero, adicionalmente, se requerirá de otra importante inversión relacionada con la adquisición de licencias para operar en esa banda concreta del espectro. La obtención de estas licencias, en este caso, supondrá una importante barrera de entrada en este mercado y lo limitará a tres o cuatro competidores. Luego en este caso resultará casi más crítica la política de liberalización y reparto del espectro y los precios derivados de ella para la adquisición de las licencias de LTE, que el propio despliegue de la red como veremos a continuación.

### 5.2.1 MIGRACIÓN DE RED: UMTS/HSPA A LTE

De acuerdo con un estudio realizado por la consultora *Aircom International* [34], compañía independiente especializada en servicios y herramientas de planificación y optimización de red (<http://www.aircominternational.com>), los costes para un operador de migrar su red 3G a LTE durante el primer año rondarían los 880 millones de dólares en Europa (unos 663 millones de euros). El cálculo de este CAPEX se realizó basándose en las tres áreas más importantes en este tipo de inversiones: construcción de nuevos *sites* o ubicaciones para las estaciones base y otro elementos de la red móvil, actualización de la infraestructura de la red de retorno (traducción al español del inglés *backhaul*) y mejora del núcleo de red.

REGIÓN	CAPEX ESTIMADO (\$)	CAPEX ESTIMADO (€)
ESTADOS UNIDOS	1.78 bill.	1.342 mill.
EUROPA	880 mill.	663 mill.
ORIENTE MEDIO	337 mill.	254 mill.
ASIA – PACÍFICO	232 mill.	175 mill.

**TABLA 28** CAPEX ESTIMADO POR REGIÓN (FUENTE: AIRCOM INTERNATIONAL)

Según los resultados anteriores, el CAPEX será diferente según el área geográfica en el que se realice el despliegue de tal manera que si nos centramos en el caso que nos ocupa, el caso europeo, podemos ver que dicho coste equivaldría al coste de desplegar FTTH únicamente en las dos primeras zonas geográficas como analizamos en la sección anterior de este mismo capítulo (zonas urbanas y densamente urbanas) y cuyos resultados se muestran a modo de resumen en la tabla siguiente. Luego este dato ya nos permite intuir que la inversión más importante a la hora de desplegar este tipo de redes inalámbricas no viene realmente del despliegue de la infraestructura si no de la inversión necesaria para adquirir las licencias necesarias para operar en una banda del espectro determinada.

ZONA DEMOGRÁFICA	ID CLUSTER	INVERSIÓN TOTAL (DIRECTA E INDIRECTA) ANUALIZADA (€)
DENSAMENTE URBANA	1	230.441.596
URBANA	2	384.855.059,7
MENOS URBANA	3	563.698.268,6
DENSAMENTE SUBURBANA	4	495.690.978,2
SUBURBANA	5	637.965.556,6
MENOS SUBURBANA	6	808.602.699
DENSAMENTE RURAL	7	1.180.613.674
RURAL	8	1.494.740.446

**TABLA 29** INVERSIÓN TOTAL ANUALIZADA (€) (DESPLIEGUE DE FTTH)

A pesar de lo anterior, y dada la situación económica actual, los operadores de 3G son conscientes de la necesidad de buscar fórmulas que les permitan reducir tanto el CAPEX como el OPEX de migrar sus redes a LTE. Pero, al mismo tiempo, son igualmente conscientes de la necesidad de realizar dicha migración. Según diversos estudios, como el llevado a cabo por el fabricante de equipos Motorola [35], la tecnología 3.5G (HSPA y HSPA+) es muy capaz de soportar un mercado en el que el consumo típico de datos por usuario se sitúe por debajo de 1Gbyte/mes/usuario. Sin embargo, y como ya avanzamos en los primeros capítulos del presente Trabajo, este consumo de datos está creciendo a ritmo considerable debido entre otras razones a la aparición de los llamados teléfonos inteligentes o “*smartphones*”, el amplio despliegue existente a día de hoy de redes 3.5G, la aparición y uso creciente de módems USB y las atractivas tarifas planas propuestas por los respectivos operadores presentes en el mercado de telefonía móvil. Es por todo esto que los operadores están comenzando a sufrir cierta congestión en su red, especialmente en zonas urbanas, incluso a pesar de tener en funcionamiento todas sus portadoras de UMTS. Llegados a este punto, el operador se está enfrentando, ya en la actualidad, a la necesidad de aumentar la capacidad de la red existente mediante la adición de nuevas celdas y ubicaciones o *sites*.

Esta decisión dejará de ser rentable, sin embargo, una vez que el consumo de datos por usuario, como comentamos anteriormente, supere ese límite de 1Gbyte/mes/usuario. En

esta situación, bastante previsible en el corto/medio plazo, el operador debería optar por el despliegue de LTE de manera combinada con la red existente de tal manera que consiguiera aumentar la capacidad de su red desplegada sin la necesidad de seguir incrementando el número de celdas y ubicaciones o *sites*.

Así pues, una posible estrategia sería adoptar LTE, en combinación con la infraestructura HSPA existente, migrando inicialmente los usuarios que más consumen datos, como los usuarios de módems USB, a esta nueva infraestructura y liberando así capacidad para el resto de los usuarios en las existentes infraestructuras de 3G. Siguiendo esta estrategia se conseguirían varios beneficios: por un lado se conseguiría satisfacer la demanda creciente de banda ancha móvil, por otro lado se minimizaría la proliferación de nuevas celdas y *sites* permitiendo al operador disminuir el CAPEX y OPEX en comparación con la situación en la que sólo se expandiera la red HSPA existente, finalmente, aunque no por ello menos importante, se mejoraría considerablemente la experiencia de usuario liberando de congestión a la celda entera y proporcionando la experiencia del alto rendimiento de la tecnología LTE a los primeros usuarios de la misma.

Veamos, adicionalmente, una serie de consideraciones respecto al despliegue de LTE que permitirán reducir, aún más, los costes de dicho despliegue a los operadores de 3G:

➤ **CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN EL DESPLIEGUE DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA DE RED PARA LTE**

- LTE, como ya vimos anteriormente, consiste en una evolución de las redes 3G lo que proporciona una gran ventaja al operador ya que, de cara al usuario, esta nueva red junto con las redes GSM y UMTS ya existentes se presentan como una única red proporcionando una especie de *roaming*, inapreciable para el usuario final, de una tecnología a otra obteniendo, así, una cobertura prácticamente ubicua. Así pues, la ventaja fundamental en este sentido para el operador es que no necesita proporcionar cobertura LTE desde el primer día en todas las zonas geográficas si no que, gracias a la anterior característica, puede ir desplegando poco a poco su nueva infraestructura haciendo uso, a la vez, de las posibilidades de interconexión de esta nueva red con las redes 3G ya desplegadas de manera masiva. De este modo, un usuario bajo cobertura LTE realizará un traspaso o *handover* de manera automática, e inapreciable para él, a 3G cuando se salga de dicha cobertura (y viceversa).
- Otra consideración a tener en cuenta por el operador a la hora de desplegar la nueva red LTE es la flexibilidad y, por tanto, la mayor eficiencia en la utilización del espectro que proporciona esta nueva tecnología. A diferencia de UMTS, que necesitaba 5MHz de ancho de banda generalmente, y de manera mayoritaria, en la banda de 2.1 GHz, LTE proporciona mayor flexibilidad y escalabilidad ya que puede ser desplegada en cualquier banda de frecuencias libre reconocida por la UIT y utilizando anchos de banda que van desde los 1.4 MHz hasta los 20 MHz, por lo que puede irse ampliando a medida que más ancho de banda va quedando disponible. Esta característica de LTE resulta fundamental para los operadores a la hora de sacar mayor rendimiento a las inversiones ya realizadas con antelación, ya que les permitirá reutilizar, por ejemplo, espectro que tengan asignado

en la banda de GSM y que no se encuentre usando para los nuevos despliegues de LTE (lo que se conoce con el término inglés de *refarming*). Para que esto sea posible, sin embargo, hará falta una serie de reformas normativas para, entre otras cosas, permitir la modificación de los títulos habilitantes que se asignaron en su momento para la provisión de servicio en esas bandas. Todas estas reformas y cambios regulatorios serán analizados con más detalle en el siguiente capítulo, al igual que se analizará el impacto regulatorio asociado a la puesta en disposición del denominado dividendo digital (70 MHz alrededor de la banda de 800 MHz liberados por el paso de la televisión analógica a la digital) para servicios de banda ancha inalámbrica como el 4G.

## ➤ ESTRATEGIA DE EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED UMTS A LTE

A la hora de optimizar la inversión en el despliegue de la infraestructura de red LTE varias son las medidas que un operador puede poner en práctica para que dicho despliegue se realice de la manera más eficiente posible, económicamente hablando. Veamos cuales serías algunas de estas medidas:

- Aprovechar al máximo los activos ya existentes: se sabe que los mayores costes en el despliegue de la infraestructura de LTE vendrán derivados de la adquisición de nuevas ubicaciones o *sites*, de los nuevos enlaces necesarios para incrementar la capacidad de la red de retorno o *backhaul* y del núcleo de red y de los costes de mantenimiento que todo ello conlleva. Así pues los operadores podrían conseguir reducir significativamente estos costes y explotar aún más las inversiones ya realizadas mediante la reutilización de equipamiento ya existente así como de los *sites* ya desplegados para el nuevo despliegue de red (lo que se conoce como co-ubicación o *co-sitting* en inglés).

Así pues, como ya hemos comentado, la red de acceso radio es una de las partes más costosas en el despliegue de una red inalámbrica fundamentalmente por el coste asociado a la adquisición de los *sites* (estos costes pueden suponer hasta 10 veces el coste de una BTS, *Base Transceiver Station*, por ejemplo) por lo que la apuesta por una estrategia de co-ubicación puede suponer al operador una oportunidad de disminuir considerablemente el CAPEX necesario para el despliegue de la nueva red. Esta estrategia de co-ubicación va a suponer ahorros adicionales en otros ámbitos: por un lado, al hacer uso de los mismo *sites* ya desplegados, las ubicaciones de la red de retorno o *backhaul* pueden igualmente ser reutilizadas y por otro lado, dado que el OPEX de un operador es directamente proporcional al número de *sites* desplegado, al mantener este número o incrementarlo en pocas unidades, se conseguirán enormes ahorros a la hora de operar la red resultante.

- Adicionalmente a lo anteriormente expuesto, existen estrategias adicionales como la compartición de red o *network sharing* entre distintos operadores, el despliegue de *femtoceldas* para mejorar la cobertura en interiores de edificios a un menor coste o las funcionalidades SON (*Self Organizing Network*) que proporciona LTE (permiten la automatización de tareas que anteriormente eran manuales por necesidad, tales como la planificación, el desarrollo, la optimización y la operación) que pueden, empleándolas de manera inteligente, constituir un considerable ahorro adicional en términos de CAPEX y OPEX para el operador.

En lo que se refiere a la compartición de red, a día de hoy, en el ámbito de las redes 4G, tenemos el ejemplo en Suecia de la *joint venture* entre Telenor y Tele2 (Net4Mobility) que puede llegar a suponer un ahorro de hasta el 40% en inversión de red y en operación de la misma para cada una de las partes intervinientes en la *joint venture* debido, fundamentalmente, a las economías de escala que se producen en estos ámbitos: incremento de costes provocados por la instalación de nuevas antenas de LTE en ubicaciones (*sites*) ya existentes, incremento en la capacidad de la red de retorno o backhaul (compartición de gastos de inversión y operación) y costes de nuevas ubicaciones (*sites*) para el despliegue de LTE 2600 MHz (la cooperación de red puede, en este caso, reducir la necesidad de nuevas localizaciones)

- Finalmente, la compartición de los sistemas de atención al cliente entre las distintas redes desplegadas así como de los sistemas de tarificación pueden suponer, igualmente, considerables ahorros en OPEX, tanto en términos de personal necesario como en términos de costes de formación.

## 5.2.2 ESPECTRO EN LTE

Como ya se ha comentado anteriormente, y como veremos numéricamente en el siguiente apartado, la inversión más importante en el despliegue de tecnologías de red móvil se debe, sin lugar a dudas, a la adquisición de licencias para operar en una determinada banda de frecuencias del espectro electromagnético. En el caso concreto de LTE, los operadores, dentro de la Unión Europea, han seguido dos estrategias fundamentales en las subastas que se han llevado a cabo hasta el momento: pujar agresivamente por el espectro en la banda de los 800 MHz o bien apostar por bandas por encima de 1GHz y desarrollar inteligentes soluciones híbridas multibanda. Veamos las características de cada una de estas estrategias y las implicaciones económicas derivadas de las mismas:

### ➤ ESTRATEGIA 1: LTE EN LA BANDA DE 800 MHz CONJUNTAMENTE CON LA BANDA DE 2600 MHz

Las ventajas asociadas al despliegue de LTE en la banda de 800 MHz han hecho que las subastas realizadas hasta el momento, en relación a esta banda de frecuencias, hayan suscitado enorme interés. Los operadores se han interesado especialmente por esta banda del espectro por un lado de cara a emplear la característica de mayor alcance que presenta para proporcionar cobertura en zonas rurales a un menor coste (con menos antenas se consigue cubrir mayores extensiones de terreno). Al mismo tiempo, la mejor cobertura en interiores o *indoor* que presenta igualmente esta banda la hacen, del mismo modo, muy atractiva en entornos urbanos para conseguir mejorar la experiencia de usuario en el hogar.

Adicionalmente, los operadores que obtengan licencias para operar en esta banda tendrán una importante ventaja competitiva ya que ésta banda es la única capaz de proporcionar cobertura nacional ya que las grandes celdas de las antenas de 800 MHz se pueden ir solapando asegurando conexiones de datos LTE sin interrupciones mientras un usuario se desplaza, por ejemplo, en un vehículo o en un tren. Así pues, dado que la cobertura sigue siendo una de las características clave en la satisfacción de los usuarios, ésta última característica, unida a las anteriores, ha hecho de esta banda la de mayor interés para los operadores explicando los altos precios alcanzados en las subastas. Adicionalmente a los altos precios alcanzados, las obligaciones de cobertura impuestas por las Autoridades Nacionales de Reglamentación (ANRs) a los operadores que querían pujar por esta banda,



han actuado en detrimento del atractivo técnico de la misma, especialmente para ciertos operadores en determinados países de la Unión. Veamos algunos ejemplos de estas obligaciones:

- **Alemania:** cada Estado federal fue dividido en cuatro “Fases Prioritarias” (por ejemplo la Fase 1 estaba compuesta por ciudades y distritos con menos de 5000 habitantes) de tal manera que cada operador deberá cubrir el 90% de cada Fase antes de empezar el despliegue de 800 MHz en zonas rurales, semiurbanas y urbanas más atractivas.
- **España:** los operadores en posesión de licencias en el espectro de los 800 MHz deberán, conjuntamente, cubrir el 90% de los pueblos de menos de 5000 habitantes con velocidades de al menos 30 Mbps para finales de 2019.
- **Francia:** cada poseedor de una licencia LTE en la banda de los 800 MHz deberá cubrir el 40% de las áreas prioritarias, mayoritariamente áreas rurales, para finales del 2016 y el 90% para finales de 2021
- **Italia:** de los seis bloques de frecuencias en la banda de 800 MHz, sólo el primero de ellos estaba exento de obligaciones mientras que los otros cinco presentaban las siguientes obligaciones de cobertura en zonas rurales: los operadores deberán comenzar a desplegar sus redes a comienzos de 2013, cuando la TV analógica sea definitivamente apagada, cubriendo hasta 2015 el 30% de una lista concreta de localidades de menos de 3000 habitantes, aumentando al 75% en cinco años (finales de 2017) y cubriendo el 100% en siete años (finales de 2019).

#### ➤ ESTRATEGIA 2: SOLUCIÓN HÍBRIDA MULTIBANDA EN LAS BANDAS DE 1800/2600 MHz

Algunos operadores, en lugar de esperar a que el espectro en la banda de 800 MHz esté disponible, han decidido empezar a desplegar en la banda de 2600 MHz o 1800 MHz, especialmente en ciudades. Dado que la banda de 1800 MHz tiene mejores parámetros de cobertura en exteriores y de propagación en interiores, los operadores que tenían 10 o 20 MHz libres en esta banda han decidido aprovecharlos para desplegar redes LTE a 1800 MHz. Así, los operadores sin espectro en la banda de 800 MHz pueden desplegar, teniendo espectro libre, LTE 1800 en áreas urbanas y semiurbanas añadiendo LTE 2600 MHz por razones de capacidad.

Por esta razón, los despliegues de LTE 1800 se están convirtiendo en una clara tendencia como estrategia de despliegue. Alrededor del mundo más de 20 operadores se han comprometido a desplegar LTE en esta banda, tanto usando nuevas bandas de espectro adquirido como en espectro liberado mediante estrategias de *refarming*, como ya vimos anteriormente. Algunos ejemplos serían: Yoigo en España, Telstra como primer operador que ofrecerá servicios LTE en Australia, e-plus en Alemania y H3G en Italia.

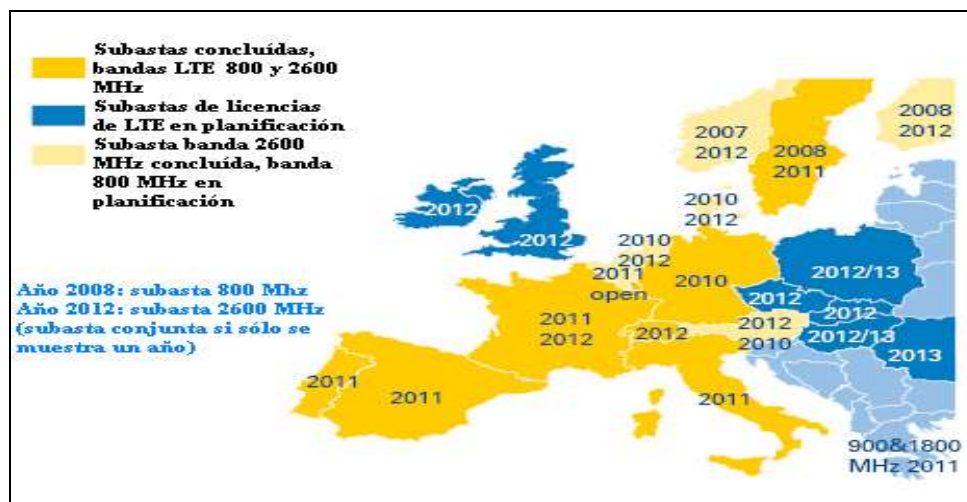
En la siguiente tabla se muestran, a modo de resumen, estas dos estrategias y algunos de los operadores de la Unión Europea englobados en cada una de ellas:

ESTRATEGIA 1: 800 + 2600 MHz	
<ul style="list-style-type: none"> <li>800 MHz para cobertura en zonas rurales y para cobertura en interiores y despliegue en la banda de 2600 MHz por razones de capacidad.</li> <li>Complementando, con este despliegue, las redes nacionales de GSM 900/1800 MHz y UMTS 2100 MHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alemania: Vodafone, T-mobile y Telefónica</li> <li>Francia: Orange, SFR y Bouygues Telecom</li> <li>Italia: TIM, Vodafone y Wind</li> <li>España: Telefónica, Vodafone y Orange</li> </ul>
ESTRATEGIA 2: HÍBRIDA MULTIBANDA 1800/2600 MHz TDD/FDD	
1. Sólo banda de 1800 MHz: desplegar sólo LTE en la banda de 1800 MHz, probablemente antes de que otros operadores tengan otras bandas del espectro disponibles para desplegar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polonia: Polkomtel</li> <li>España: Yoigo</li> </ul>
2. Estrategia híbrida 1800/2600 MHz: despliegue de LTE en la banda de 1800 MHz en zonas semiurbanas y urbanas (por la mejor cobertura en interiores) y despliegue de LTE en la banda de 2600 MHz superpuesta en las ciudades para mejorar la capacidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alemania: e-plus</li> <li>Francia: Free (sólo 2600 MHz)</li> <li>Italia: H3G</li> </ul>

**TABLA 30** ESTRATEGÍAS DE ADQUISICIÓN DE ESPECTRO Y DESPLIEGUE DE LTE EN LOS PRINCIPALES PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

## 5.2.3 ESTADO DEL DESPLIEGUE DE LTE EN EUROPA

A fecha de 2012, las subastas de LTE se han completado en varios países del arco europeo: Alemania, Francia, España, Portugal, Italia, Suecia, Holanda, Bélgica y Suiza (tal y como se muestra en la figura siguiente). Como ya adelantamos en el apartado anterior, la subasta del espectro de 800 MHz fue la que despertó mayor interés y resultó en precios más elevados por licencia de 10 MHz en esta banda (especialmente en mercados en los que cuatro operadores competían por tres licencias). Estos precios fueron especialmente elevados en Alemania, Italia y Francia mientras que en el resto de países los pujadores consiguieron mantener los precios por licencia en valores bastante más bajos.



**FIGURA 62** ESTADO DE LA ADJUDICACIÓN DE LICENCIAS DE LTE EN LA UE

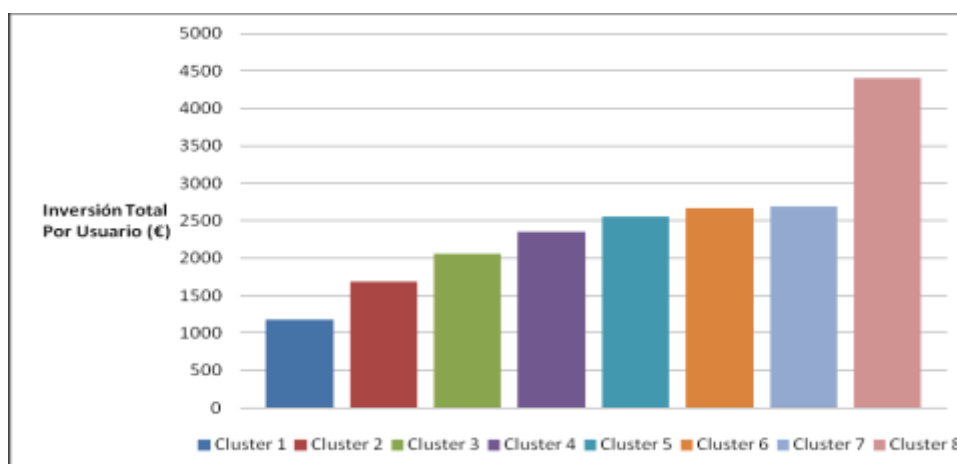
Veamos el panorama situacional en los principales países de la Unión Europea a raíz de los resultados de las subastas:

- **Alemania:** el operador e-plus decidió no pujar por la banda de 800 MHz debido a las estrictas obligaciones de cobertura de áreas rurales que ya vimos en el apartado anterior, así como por el alto precio de las licencias en esta banda del espectro. Así, Deutsche Telekom, Vodafone y Telefónica Alemania (O2) pagaron 1.2 billones de euros, cada uno, por un par de bandas de 10 MHz en la banda de 800 MHz. Así pues, 3.6 billones de euros del total de 4.4 billones que se recaudaron en la subasta alemana provenían de la subasta de los 60 MHz, del total de 335 MHz subastados, de la banda de 800 MHz (es decir el 82% de lo recaudado provenía de la subasta de tan sólo el 18% del total de ancho de banda subastado).
- **Italia:** el operador H3G siguió una estrategia similar a e-plus en Alemania. Después de comenzar pujando por la banda de 800 MHz decidió retirarse cuando los precios comenzaron a alcanzar niveles muy elevados, para centrarse posteriormente en la puja por el espectro en las bandas de 1800/2600 MHz. Los otros tres grandes operadores italianos, Telecom Italia Mobile, Vodafone y Wind, terminaron pagando cerca de 3 billones de euros por las tres licencias de 10 MHz en la banda de 800 MHz (es decir el 75% del total recaudado en la subasta, 3.9 billones de euros).
- **Francia:** después de la retirada de Free por la puja en la subasta por el espectro en la banda de 800 MHz, los otros tres operadores importantes en Francia (Orange, SFR y Bouygues) acabaron pagando 2.6 billones de euros por el espectro en esta banda.
- **España y Suecia:** a diferencia de lo ocurrido en Alemania, Italia y Francia los precios por el espectro en la banda de 800MHz en estos países se mantuvo mucho más bajos. En España la subasta general por el espectro de LTE recaudó 2 billones de euros, menos de lo esperado, ya que las circunstancias (una fase de pre-subasta había asegurado espectro para el cuarto operador, Yoigo) dieron lugar en la que se presentaran tres operadores para tres licencias. En Suecia se produjo una situación similar, en este caso debido a la *joint venture* entre Telenor y Tele2 (Net4Mobility) que dio lugar a la presentación de tres pujadores para tres licencias.
- **Austria:** ha subastado hasta el momento el espectro en la banda de 2600 MHz con una recaudación de 39.5 millones de euros, la más baja de las conseguidas hasta el momento, y plantea subastar su espectro en la banda de 800 MHz a lo largo del presente año.

## 5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO

De acuerdo a los resultados obtenidos en los apartados anteriores se pueden extraer una serie de conclusiones:

1. Como se deduce del gráfico siguiente, teniendo en cuenta la inversión total por usuario del despliegue de FTTH, vemos claramente que el despliegue en zonas rurales dispara la inversión media por usuario hasta cuatro veces la inversión necesaria para proveer el mismo servicio en zonas urbanas y densamente urbanas. Parece claro, como ya adelantamos, que cuanto más densamente poblada sea la zona en la que se despliegue FTTH tanto más rápidamente será viable dicho despliegue al conseguir repercutir los costes en los que incurrirá el operador en un mayor número de potenciales usuarios. Así pues, sólo con la siguiente gráfica ya podríamos adelantar que el Cluster 8, puramente rural, será una zona en la que el modelo de negocio, en este caso el despliegue de fibra hasta el hogar, no será viable.



**FIGURA 63** INVERSIÓN TOTAL POR USUARIO (EN EUROS) POR CLUSTER (FTTH)

2. Continuando con el análisis de los datos, en el siguiente cuadro se muestran de manera estructurada los resultados obtenidos con respecto al coste medio por usuario del despliegue de FTTH tanto en el caso del operador incumbente como en el del competidor en el mercado:

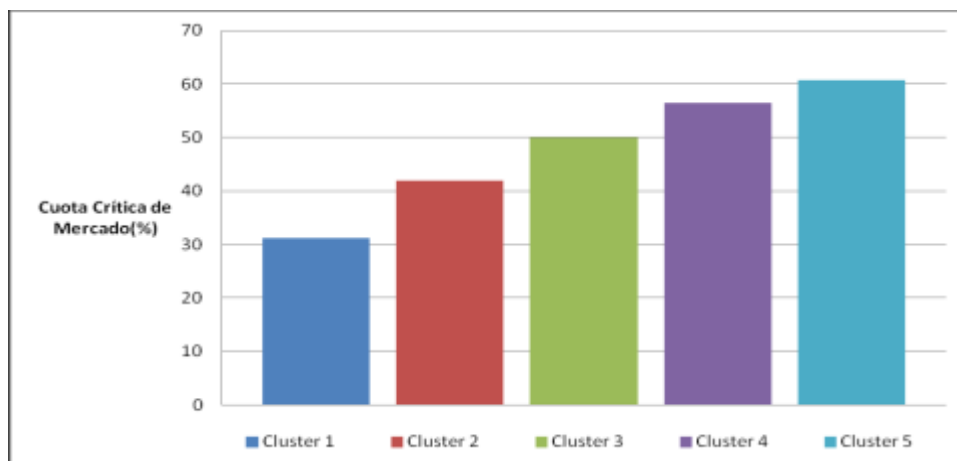
ZONA DEMOGRÁFICA	ID CLUSTER	COSTE MEDIO POR USUARIO (€) - OPERADOR INCUMBENTE	COSTE MEDIO POR USUARIO (€) - COMPETIDOR
DENSAMENTE URBANA	1	25,59	27,06
URBANA	2	31,97	33,44
MENOS URBANA	3	36,74	38,21
DENSAMENTE SUBURBANA	4	40,61	42,09
SUBURBANA	5	43,13	44,61
MENOS SUBURBANA	6	44,79	46,27
DENSAMENTE RURAL	7	46,83	48,29
RURAL	8	71,48	72,89

**TABLA 31** COSTE MEDIO POR USUARIO POR MES – OP. INCUMBENTE Y COMPETIDOR (FTTH)

Como se puede ver, si se compara este coste medio con el ARPU en el caso del operador incumbente (44.25 euros), se puede determinar que no sólo el *cluster* 8 resulta inviable de cara a desarrollar en él el modelo de negocio considerado, sino que también los *clusters* 6 y 7 resultan inviables ya que en ambos casos el coste por usuario y por mes supera el ARPU esperable por usuario. Así pues, de lo anterior se deduce que el operador incumbente consideraría desplegar FTTH en los cinco primeros *clusters*, mientras que en los tres últimos optaría por otras tecnologías, como por ejemplo las inalámbricas, ya que el despliegue de infraestructura de red fija no le proporcionaría beneficios, como hemos visto, si no pérdidas.

Así pues, en los últimos tres *clusters*, una buena estrategia por parte del operador podría ser la de desplegar LTE: esto será posible debido a que la mayoría de los operadores incumbentes de los Estados Miembros no compiten exclusivamente en el mercado de banda ancha fija, sino que, en términos generales, suelen competir igualmente en el mercado de banda ancha móvil. Gracias a esto van a contar con mayor flexibilidad, en cuanto a la elección de la tecnología a desplegar en un determinado ámbito geográfico, de cara a cumplir con las obligaciones de cobertura que pueden llegar a tener en determinados mercados. Así pues, y a la vista de los resultados obtenidos, la estrategia más acertada para el despliegue de banda ancha en esas tres zonas sería el despliegue de LTE 800, en caso de disponer de espectro en dicha banda, por el mayor alcance que proporciona y de ahí, por el menor coste de despliegue que supone.

- Con respecto a la cuota crítica de mercado tendríamos la siguiente situación:



**FIGURA 64** CUOTA CRÍTICA DE MERCADO

Como ya vimos, la cuota crítica de mercado se calcula aumentando la cuota de mercado hasta hacer coincidir el coste medio por usuario y el ARPU. Más allá de ese punto el negocio no sería viable y cuanto más margen tengamos con respecto a esta cuota crítica tanto más beneficio por usuario alcanzaremos y, como consecuencia, tanto más lucrativo será el negocio para el operador.

Como podemos ver en la gráfica anterior, y como era de suponer, el negocio resulta más rentable cuanto más densidad de usuarios por km<sup>2</sup> se tenga en la zona en la que se vaya a desplegar fibra óptica hasta el hogar. Este beneficio decrecerá a medida que vamos desplegando en zonas menos pobladas hasta dejar de ser viable, tal y como vimos en el punto anterior, en tres de las ocho zonas correspondiendo con las zonas menos pobladas. En estas tres zonas la cuota crítica de mercado sería superior al 70% considerada, como vimos, la cuota máxima en el mercado de la banda ancha fija o lo que es lo mismo, y de acuerdo a las conclusiones del punto anterior, el negocio no sería viable y habría que optar, como ya se explicó en el punto anterior, por desplegar otro tipo de tecnologías de acceso de banda ancha.

4. Si nos colocamos ahora en la situación de un operador que quiera competir con el incumbente en este determinado mercado, el de banda ancha fija, es fácil concluir que parte importante de los costes con los que tiene que contar serán los correspondientes al precio de desagregación del bucle de abonado de fibra.

Como parte de nuestro análisis realizamos el cálculo de dicho coste de manera análoga a como lo haría una Autoridad Nacional de Reglamentación (ANR) que tuviera que imponer la desagregación del bucle de cara a abrir el mercado a la competencia.

Estos fueron los resultados obtenidos:

ZONA DEMOGRÁFICA	ID CLUSTER	CARGO POR DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO (€)
DENSAMENTE URBANA	1	10,43
URBANA	2	16,05
MENOS URBANA	3	20,24
DENSAMENTE SUBURBANA	4	23,48
SUBURBANA	5	25,74
MENOS SUBURBANA	6	27,06
DENSAMENTE RURAL	7	27,17
RURAL	8	45,83

**TABLA 32** CARGO POR LA DESAGREGACIÓN DEL BUCLE DE ABONADO POR CLUSTER

Ya de los resultados de la tabla anterior se puede concluir que, como era de esperar, no sólo para el operador incumbente no resulta rentable el desplegar fibra en zonas rurales si no que, con más razón, un competidor verá inviable este despliegue ya que sólo los costes de la desagregación del bucle superarían el ARPU por usuario esperable que, como vimos, en el caso del competidor era algo menor que en el caso del operador competente, 42.04 €. Por otro lado, cuanto más bajo sea este coste de desagregación del bucle de abonado mayor capacidad tendrá el competidor de igualar e incluso superar (siendo más eficiente en sus procesos operacionales, por ejemplo) los beneficios del operador incumbente en ese mercado. Esta situación, como era de

esperar, se producirá en las zonas más pobladas en las que el coste del bucle desagregado tendrá el mínimo valor posible.

5. Volviendo de nuevo al coste medio por usuario y por mes, hemos calculado, al igual que hicimos en el caso del operador incumbente, estos costes en el caso del competidor. Dichos costes, por cluster, se pueden ver de manera resumida en la tabla 31 anterior. Resulta interesante constatar que, en el caso del competidor, éste sólo será capaz de competir de manera eficiente en los cuatro primeros escenarios (clusters). Ya que sólo estos cuatro casos el negocio resultaría viable obteniendo costes por usuario por debajo del ARPU esperable (42.04 €). En el resto de escenarios el competidor entraría en pérdidas haciendo inviable su modelo de negocio.
6. Para terminar, si nos centramos en un operador que exclusivamente vaya a desplegar red móvil, las conclusiones que podemos extraer, derivadas del análisis llevado a cabo en la sección anterior, serían que, de cara a maximizar el potencial de LTE, los operadores móviles deberían seguir una estrategia inteligente teniendo en cuenta tres puntos clave:
  - Estrategia en la adquisición del espectro: siguiendo una estrategia centrada en las tres bandas: 800, 1800 y 2600 MHz o, en caso de no disponer de espectro en la banda de los 800 MHz, asegurarse de adquirir suficiente espectro en la banda de los 1800 y 2600 MHz tanto FDD como TDD.
  - Estrategia de despliegue de la infraestructura de LTE: optimizando cuidadosamente la red LTE y la ya preexistente de UMTS/HSPA en las distintas bandas de frecuencia y haciendo uso de soluciones híbridas macro y micro/pico/femtoceldas.
  - Cooperación de red: analizando las posibilidades por parte de un operador de llegar a acuerdos con otros de cara a compartir parte de la infraestructura de red de una manera más eficiente y menos costosa para ambos.

Los operadores de red móvil que den con la estrategia más adecuada, en relación a los puntos clave anteriores, de acuerdo al ámbito geográfico en el que operan y a sus características particulares tendrán la oportunidad de aprovechar el lanzamiento de la cuarta generación de redes móviles, y los servicios asociados a ella, para mejorar su posición en el mercado de manera general.



## 6. IMPACTO REGULATORIO

En el capítulo anterior analizamos las implicaciones económicas derivadas del despliegue de las tecnologías de acceso de nueva generación, tanto fijas como móviles, de cara a cumplir los requisitos de la Agenda Digital Europea. En concreto nos centramos en el despliegue de FTTH y LTE, ya que vimos que ambas tecnologías son apuestas seguras de futuro de cara a alcanzar estos objetivos no sólo en los plazos marcados por la Agenda sino que también permitirían una evolución a largo plazo para cumplir posibles nuevos requerimientos más allá del marco de la actual Agenda Digital. En este capítulo analizaremos el impacto regulatorio que la búsqueda de medidas que impulsen el despliegue de ambas tecnologías está teniendo en el panorama regulatorio europeo. Así pues, volviendo de nuevo a lo visto en el capítulo 3, y más concretamente al contenido de la “Acción clave 8” nos centraremos en analizar la situación actual de las medidas recogidas en ese ámbito de actuación y más específicamente en lo relativo a las medidas directamente relacionadas con el despliegue de Redes de Acceso de Nueva Generación (NGA) fijas y móviles, es decir (recapitulando de nuevo):

- *publicar una Recomendación en 2010 para fomentar la inversión en las redes de acceso de nueva generación competitivas a través de unas medidas reguladoras claras y eficaces.*
- *proponer un ambicioso programa europeo de política del espectro en 2010, para que decidan al respecto el Parlamento Europeo y el Consejo, que cree una política del espectro coordinada y estratégica a nivel de la UE a fin de incrementar la eficiencia de la gestión del espectro radioeléctrico y de maximizar los beneficios para los consumidores y la industria;*

Veamos la situación actual, a fecha de 2012, en lo relativo a las medidas regulatorias anteriores:

### 6.1 CAMBIOS REGULATORIOS SUGERIDOS EN EL ÁMBITO DE LAS TECNOLOGÍAS DE RED FIJA

En este ámbito, y como aparece reflejado en el cuadro anterior, la normativa más importante desarrollada para impulsar el despliegue de las Redes de Acceso de Nueva Generación se encuentra recogida en la “Recomendación de la Comisión Europea relativa al acceso regulado a las redes de Acceso de Nueva Generación (NGA)” [39] que como marcaba el objetivo recogido en la agenda, fue presentada en 2010 con objeto de que fuera puesta en consideración por cada Estado Miembro en los años siguientes y transpuesta, posteriormente, a la normativa de cada uno de ellos. Adicionalmente a la anterior Recomendación, la Comisión también ha publicado más recientemente una guía práctica encaminada a los Estados Miembros con el objetivo de proporcionar una serie de pautas o recomendaciones en materia de inversión en banda ancha (la llamada “Guía para inversión en Banda Ancha” publicada en septiembre de 2011 [40]). A continuación pasaremos a revisar la citada Recomendación haciendo hincapié en aquellos conceptos que suponen un impacto más directo en el despliegue de las infraestructuras de Redes de Acceso de Nueva Generación fijas.

### 6.1.1 RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN DE 20 DE SEPTIEMBRE DE 2010 RELATIVA AL ACCESO REGULADO A LAS REDES DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN (NGA)

El objetivo fundamental que persigue esta Recomendación consiste en fomentar la inversión, la competencia y la innovación en el mercado de los servicios de banda ancha impulsando la transición a las Redes de Acceso de Nueva Generación (NGA). Siendo el objetivo último, como se recoge en la propia Recomendación y como ya analizamos cuando estudiamos el contenido y objetivos de la Agenda Digital Europea, ahondar en el desarrollo del mercado único, en este caso de servicios digitales, potenciando al mismo tiempo la seguridad jurídica respecto al mismo.

En este sentido, la Recomendación se centra en crear un nuevo marco regulatorio en los Mercados 4 y 5 del Marco general de los Mercados de la Unión Europea. Este Marco general data de marzo de 2002 cuando se produjo la aprobación de un nuevo paquete de directivas comunitarias en materia de telecomunicaciones (Directiva 2002/21/CE también conocida como “La Directiva Marco” [43]). Ese nuevo marco regulador de las comunicaciones electrónicas planteaba definir una serie de mercados con la finalidad principal de determinar, de forma sistemática, las presiones competitivas a que se enfrentaban las empresas en cada uno de ellos. De este modo se pretendía determinar qué competidores reales y potenciales eran capaces de influir en la conducta de cada uno de los mercados y así impedir que se evitara la competencia efectiva.

En el artículo 15 de esta Directiva Marco se establecía que la Comisión Europea debía adoptar una Recomendación de mercados pertinentes, de productos y servicios, y que dichos mercados deberían estar definidos de conformidad con los principios de derecho de la competencia. Así pues, en cumplimiento de lo anterior, la Comisión aprobó el 11 de febrero de 2003 “*la Recomendación relativa a los mercados pertinentes de productos y servicios dentro del sector de las comunicaciones electrónicas que pueden ser objeto de regulación ex ante*” [44], diseñando un nuevo régimen aplicable a los mercados de referencia y los operadores con poder significativo de mercado. En esta Recomendación se establecía, igualmente, la obligación por parte de las Autoridades Nacionales de Reglamentación de definir y analizar 18 diferentes mercados del sector de las comunicaciones electrónicas con carácter periódico, para determinar si dichos mercados se desarrollaban en un entorno de competencia efectiva e imponer, en caso contrario, las obligaciones específicas que fuesen necesarias (lo que se conoce como regulación *ex ante*). Esta Recomendación de 2003 se vio modificada por la *Recomendación de la Comisión de 17 de diciembre de 2007, relativa a los mercados pertinentes de productos y servicios que pueden ser objeto de regulación ex ante (2007/879/CE)*, que redujo de 18 a 7 los mercados que se debían analizarse periódicamente.

Veamos cuales son estos 7 mercados que pueden ser objeto de regulación *ex ante*, o también denominados “mercados relevantes”:

MERCADOS MINORISTAS	MERCADOS MAYORISTAS
1. Acceso a la red telefónica pública en una ubicación fija para clientes residenciales y no residenciales.	2. Originación de llamadas en la red telefónica pública en una ubicación fija.
	3. Terminación de llamadas en redes telefónicas públicas individuales facilitada en una ubicación fija.
	4. Acceso (físico) al por mayor a infraestructura de red (incluido el acceso compartido o completamente desagregado) en una ubicación fija.
	5. Acceso de banda ancha al por mayor.
	6. Mercado de segmentos troncales de líneas arrendadas al por mayor.
	7. Terminación de llamadas vocales en redes móviles individuales.

**TABLA 33** MERCADOS SUSCEPTIBLES DE REGULACIÓN EX - ANTE EN LA UE SEGÚN LA RECOMENDACIÓN DEL 17/12/2007

El que esta Recomendación proponga identificar mercados susceptibles de regulación *ex ante* no significa que cada Autoridad Nacional de Reglamentación (ANR) en cada país pueda determinar que en un determinado mercado concreto (una vez definido su alcance geográfico, tarea que igualmente deben llevar a cabo las ANRs) se considere que no se deben imponer obligaciones reglamentarias por existir en el mismo competencia efectiva (considerando 20 de la Recomendación 2003/311/CE). Así pues esta Recomendación, y por tanto, estas Directrices siguen aún en vigor y serán igualmente de aplicación a los nuevos mercados 4 y 5 modificados derivados de la aparición en escena de las Redes de Acceso de Nueva Generación. Veamos cuales son las más importantes Directrices recogidas en la nueva “Recomendación relativa al acceso regulado a las redes de acceso de nueva generación (NGA)” [40] y cómo afectan a los marcos regulatorios previamente establecidos en los mercados relevantes 4 y 5.

#### 6.1.1.1 ACCESO A LA INFRAESTRUCTURA DE RED FÍSICA AL POR MAYOR (MERCADO 4)

##### ➤ ACCESO A LA INFRAESTRUCTURA DE OBRA CIVIL DEL OPERADOR CON PSM

Veamos cuales son los artículos más importantes en relación a las obligaciones a imponer al operador con Peso Significativo en el Mercado (PSM) de cara a proporcionar acceso a su infraestructura de obra civil a los competidores presentes en el mercado:

**Artículo 13.** Cuando se disponga de capacidad de conductos, las ANR deberían obligar a facilitar el acceso a la infraestructura de obra civil. El acceso debería facilitarse de conformidad con el principio de equivalencia expuesto en el anexo II.

Según el artículo anterior las ANRs deben obligar a que el acceso a la infraestructura de obra civil se realice bajo las mismas condiciones por parte de operador con PSM, y que será el que provea el acceso, y un tercero que quiera competir en ese mismo mercado.

**Artículo 14.** Las ANR deberían velar por que el acceso a la infraestructura de obra civil existente se ofrezca a precios orientados a costes de conformidad con el anexo I

Es decir, según el artículo anterior, las ANRs deberán velar por que el operador con PSM ofrezca el acceso a la infraestructura de obra civil siguiendo precios orientados a costes. Este concepto es desde el que partimos en el capítulo anterior a la hora de calcular los costes

de despliegue de la infraestructura de FTTH y de los precios de la desagregación del bucle de fibra, por lo que nuestro estudio y resultados son coherentes con lo que marca la Comisión en este sentido y supone, por consiguiente, un estudio realista aplicable a cualquier país del marco de la Unión Europea.

### ➤ ACCESO AL SEGMENTO DE TERMINACIÓN EN EL CASO DE LA FTTH

**Artículo 18.** En caso de que un operador con PSM desplegara la FTTH, las ANR deberían, además de hacer obligatorio el acceso a la infraestructura de obra civil, imponer el acceso al segmento de terminación de la red de acceso de dicho operador, incluido el cableado dentro de los edificios. A tal efecto, las ANR deberían obligar al operador con PSM a facilitar información detallada sobre la arquitectura de su red de acceso y, previa consulta con los demandantes de acceso potenciales sobre los puntos de acceso viables, determinar dónde debería situarse el punto de distribución del segmento de terminación de la red de acceso a efectos de la imposición del acceso, de conformidad con el artículo 12, apartado 1, de la Directiva 2002/19/CE. Al efectuar esta determinación, las ANR deberían tener en cuenta el hecho de que cualquier punto de distribución tendrá que alojar un número suficiente de conexiones de usuario final para que el demandante de acceso lo encuentre comercialmente viable.

Finalmente, otro artículo importante es el recogido en el cuadro anterior, que implica a las ANRs en la labor de determinar el punto óptimo para la desagregación del bucle de abonado (dependiendo de la arquitectura de red desplegada por el operador con PSM) y en la verificación de que dicho punto de distribución se dimensiona, por parte del operador con PSM, de manera que permita alojar suficientes conexiones de un tercero para que a dicho potencial competidor le resulte comercialmente viable. También este artículo se tuvo en cuenta en el capítulo anterior a la hora de realizar los cálculos económicos.

### ➤ ACCESO DESAGREGADO AL BUCLE DE FIBRA EN EL CASO DE LA FTTH

**Artículo 25.** El precio del acceso al bucle de fibra desagregado debería orientarse a costes. Las ANR deberían tener debidamente en cuenta el riesgo adicional y cuantificable de la inversión del operador con PSM a la hora de fijar el precio del acceso al bucle de fibra desagregado. En principio, este riesgo debería reflejarse en una prima incluida en el coste del capital para la inversión correspondiente, según se expone en el anexo I.

Otro importante punto a tener en cuenta por las ANRs es el recogido en el artículo anterior, este artículo prima de alguna manera el riesgo que corre el operador con PSM a la hora de invertir en nuevas redes de acceso de nueva generación. El objetivo, por tanto, del artículo anterior es incentivar dicha inversión teniendo en cuenta en el coste del capital a la hora de calcular los precios del acceso ese mayor riesgo de invertir en NGAs en comparación con el riesgo de invertir en las redes de par trenzado de cobre existentes a día de hoy. Igualmente importante es, como ya hemos comentado anteriormente y como se recoge de nuevo en este artículo, que la determinación del coste de desagregación del bucle de fibra debe calcularse mediante orientación a costes.

Más específicamente, esta Recomendación define una serie de reglas para evaluar los precios de los productos y servicios de NGA al por mayor, veamos cuáles son dichas reglas:

**ANEXO I.****Punto 1. PRINCIPIOS COMUNES PARA LA FIJACIÓN DE PRECIOS DEL ACCESO NGA**

En virtud del artículo 8, apartado 2, de la Directiva 2002/21/CE, las ANR deben fomentar la competencia en el suministro de redes de comunicaciones electrónicas, servicios de comunicaciones electrónicas y recursos y servicios asociados, entre otras cosas favoreciendo la inversión eficiente en infraestructura. Al determinar la base de costes utilizada en el contexto de las obligaciones de orientación a costes en virtud del artículo 13, apartado 1, de la Directiva 2002/19/CE, las ANR deberían considerar si la duplicación de la infraestructura NGA de que se trate es económicamente viable y eficiente. Si tal no es el caso, el objetivo fundamental es crear una verdadera igualdad de condiciones entre la división de productos descendentes del operador con PSM y los operadores de red alternativos. Por consiguiente, un enfoque regulador coherente podría implicar que las ANR utilizarasen bases de costes diferentes para calcular los precios orientados a costes de activos reproducibles y no reproducibles, o al menos que ajustasen los parámetros en que se basan sus metodologías de costes en el último caso.

Es decir, como primera regla, las ANRs deberán crear una verdadera competencia real entre el operador con PSM y operadores de red alternativos mediante la aplicación, si procede, de diferentes bases de costes para el cálculo de los precios orientados a costes de los activos reproducibles y no reproducibles.

**ANEXO I****Punto 2. FIJACIÓN DEL PRECIO DEL ACCESO A LA INFRAESTRUCTURA DE OBRA CIVIL**

La obligación de ofrecer acceso a la infraestructura de obra civil existente del operador con PSM en el mercado 4 debería imponerse a precios orientados a costes. Las ANR deberían regular los precios del acceso a la infraestructura de obra civil de manera coherente con la metodología utilizada para fijar el precio del acceso al bucle local de cobre desagregado. Las ANR deberían velar por que los precios del acceso reflejen los costes soportados efectivamente por el operador con PSM. En particular, deberían tener en cuenta la vida útil real de la infraestructura de que se trate y las posibles economías de despliegue del operador con PSM. Los precios del acceso deberían tomar en consideración el valor apropiado de la infraestructura en cuestión, incluida su amortización.

En segundo lugar, como se recoge en el apartado anterior, el acceso a la infraestructura de obra civil existente se deberá proporcionar a un coste de acceso calculado según el principio de orientación a costes siguiendo la misma metodología que la empleada para calcular el coste de la desagregación del bucle abonado de cobre. Así pues, las ANRs deberán tener en cuenta el tiempo de vida de la infraestructura relevante en este sentido así como el valor de la misma, incluida su depreciación.

**ANEXO I****Punto 4. FIJACIÓN DEL PRECIO DEL ACCESO AL MPOP EN EL CASO DE LA FTTH (BUCLE DE FIBRA DESAGREGADO)**

A la hora de fijar los precios del acceso al bucle de fibra desagregado, las ANR deberían incluir una prima de riesgo superior que refleje cualquier riesgo adicional y cuantificable asumido por el operador con PSM al invertir. La prima de riesgo debería estimarse de conformidad con la metodología expuesta en la sección 6. Podría concederse una flexibilidad de precios adicional de conformidad con las secciones 7 y 8. Con arreglo al principio de no discriminación, el precio aplicado a la división de productos descendentes del operador con PSM debería ser el mismo que el que se aplica a terceros.

En tercer lugar, y como ya adelantamos anteriormente, el precio del acceso al bucle desagregado de fibra en el MPoP, en el caso de FTTH, debería incluir una prima de riesgo mayor que los precios de la desagregación del bucle local de cobre.

**ANEXO I****Punto 5. FIJACIÓN DEL PRECIO DEL ACCESO AL SUBBUCLE DE COBRE EN EL CASO DE LA FTTN**

Las ANR deberían imponer el acceso basado en los costes a todos los elementos necesarios para hacer posible la desagregación del subbucle, incluidas las capacidades de concentración o enlace y las soluciones auxiliares, tales como el acceso no discriminatorio a las instalaciones a efectos de cubricación o, en su ausencia, una cubricación equivalente.

Los precios de acceso regulados no deberían ser superiores a los costes afrontados por un operador eficiente. A tal efecto, las ANR podrían estudiar la posibilidad de evaluarlos utilizando un modelo ascendente o unos valores de referencia, cuando existan. A la hora de fijar el precio del acceso al subbucle de cobre, las ANR no deberían considerar el perfil de riesgo distinto del de la infraestructura de cobre existente.

Para terminar, en el caso de FTTN, los precios regulados de la desagregación del subbucle de cobre no debería exceder el coste en el que incurre un operador eficiente siguiendo una metodología *bottom-up* o *benchmark*. Igualmente, el artículo anterior, nos dice que en caso de despliegue de FTTN las ANRs no deberían considerar la prima de riesgo más alta que se consideraba en el caso de FTTH ya que en este caso el bucle de abonado seguirá basado en par trenzado de cobre.

**6.1.1.2 ACCESO DE BANDA ANCHA AL POR MAYOR (MERCADO 5)**

Veamos, a continuación, los artículos presentes en la Recomendación relativos al servicio propiamente dicho de Banda Ancha al por mayor:

**Artículo 31.** Si se constatare la existencia de PSM en el mercado 5, deberían mantenerse o modificarse las medidas relativas al acceso de banda ancha al por mayor para los servicios existentes y sus sustitutos en la cadena. Las ANR deberían considerar el acceso de banda ancha al por mayor sobre VDSL como sustituto en la cadena del acceso de banda ancha al por mayor existente sobre bucles solo de cobre.

En el artículo anterior se abre la posibilidad a las ANRs de modificar las obligaciones que hasta ese momento se estén aplicando a este mercado actualizándolas a los nuevos escenarios/situaciones que pudieran darse, como el caso de despliegue de VDSL, que como ya vimos será una situación más que posible por parte de los operadores de cara a desplegar gradualmente su infraestructura de fibra.

**Artículo 32.** Las ANR deberían obligar al operador con PSM a que se pongan a disposición los nuevos productos de acceso de banda ancha al por mayor, en principio, al menos seis meses antes de que el operador con PSM o su filial minorista comercialicen sus correspondientes servicios NGA al por menor, a menos que existan otras salvaguardias eficaces que garanticen la no discriminación.

Otro artículo importante es el artículo 32 de la Recomendación que trata de fomentar la competencia efectiva en el mercado mediante la imposición de la obligación, al operador con PSM, de informar y de poner a disposición de terceros, , con al menos seis meses de antelación, todos aquellos productos novedosos que se vayan a explotar en este mercado. Este artículo, en cuanto a la oferta de los productos, se complementa con el artículo siguiente:

**Artículo 33.** Las ANR deberían hacer obligatoria la oferta de diferentes productos al por mayor que reflejen lo mejor posible, en términos de ancho de banda y calidad, las capacidades tecnológicas intrínsecas de la infraestructura NGA, a fin de permitir a los operadores alternativos competir eficazmente, incluso para servicios de calidad empresarial.



En relación a los productos, por tanto, las ANRs deben velar porque dichos productos que se oferten en este mercado hagan uso de todas las capacidades derivadas de la nueva infraestructura de la red. De alguna manera se trata con esto de fomentar que los productos, que de manera subsidiaria, se oferten en el mercado minorista sean igualmente los más innovadores posibles.

**Artículo 35.** Las ANR deberían, en principio, imponer la orientación a costes en los productos de acceso de banda ancha al por mayor obligatorios, de conformidad con el anexo I, teniendo en cuenta las diferencias en cuanto a ancho de banda y calidad de las distintas ofertas mayoristas.

Finalmente, a la hora de calcular los precios del acceso de banda ancha, las ANRs deberían seguir aplicando, como vimos que debían hacer en el mercado anterior, igualmente el principio de orientación a costes.

## 6.2 CAMBIOS REGULATORIOS SUGERIDOS EN EL ÁMBITO DE LAS TECNOLOGÍAS DE RED INALÁMBRICA

En este ámbito, y como comentamos a modo de introducción al comienzo del presente capítulo, el cambio normativo más importante desarrollado para impulsar el despliegue de las Redes de Acceso de Nueva Generación inalámbricas sería el de implantar, desde la Unión Europea, un “*Programa Europeo de Política del Espectro*”, como uno de los objetivos a lograr dentro de la Acción clave 8 de la Agenda Digital, como ya vimos. El objetivo buscado por la Unión Europea es que estos programas sean de carácter plurianual y que establezcan las orientaciones políticas y los objetivos para la planificación estratégica y la armonización del uso del espectro radioeléctrico de conformidad con las disposiciones de las directivas aplicables a las redes y servicios de comunicaciones electrónicas a lo largo de la Unión Europea.

Este nuevo Programa complementa y refuerza el derecho de la Unión en vigor relativo a esta materia y, más concretamente, las siguientes Directivas:

- *1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad*
- *2002/19/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa al acceso a las redes de comunicaciones electrónicas y recursos asociados, y a su interconexión (Directiva acceso)*
- *2002/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa a la autorización de redes y servicios de comunicaciones electrónicas (Directiva autorización)*
- *2002/21/CE, así como la Decisión n o 676/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, sobre un marco regulador de la política del espectro radioeléctrico en la Comunidad Europea (Decisión espectro radioeléctrico)*

Adicionalmente, la Unión Europea ha venido realizando cambios regulatorios en diversos ámbitos relacionados con las redes inalámbricas, fundamentalmente con respecto a



la asignación y uso del espectro electromagnético, con el fin último de facilitar y promover el despliegue tanto de las redes de cuarta generación como de las redes de banda ultra ancha.

Estos cambios regulatorios se referirían a: el *refarming* de las bandas de 900 y 1800 MHz y del llamado dividendo digital, el establecimiento del principio de neutralidad tecnológica y la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance. A continuación pasaremos a revisar todos estos cambios regulatorios haciendo hincapié en aquellos conceptos que suponen un impacto más directo en el despliegue de las infraestructuras de Redes de Acceso de Nueva Generación inalámbricas.

## 6.2.1 PROGRAMA EUROPEO DE POLÍTICA DEL ESPECTRO

Como ya comentamos en la introducción anterior, la definición y entrada en vigor de un “Programa Europeo de Política del Espectro” suponía el reto más importante planteado dentro de la Agenda Digital Europea y, más concretamente, dentro de los objetivos planteados en la Acción Clave 8 de la misma. Así pues, siguiendo las directrices marcadas en dicha Acción Clave, la Comisión Europea propuso en 2010 una primera *propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo* por la que se establecía *un primer programa de política del espectro radioeléctrico*[41], aprobándose finalmente, en marzo del presente año, el texto definitivo por el que se establece *un programa plurianual de política del espectro radioeléctrico*[42]. El objetivo fundamental de este Programa consiste en planificar y armonizar el uso del espectro a escala de la Unión de tal manera que se mejore la calidad de los servicios prestados mediante las comunicaciones electrónicas, se fomente un mercado único de dichos servicios generando economías de escala que reduzcan tanto el coste de desplegar redes móviles como el de los dispositivos inalámbricos para los consumidores y generando, asimismo, nuevas oportunidades de innovación y de creación de empleo contribuyendo a la recuperación económica y a la integración social en toda la Unión.

Veamos cuales son los aspectos más importantes, en lo que concierne a las materias tratadas en el presente Trabajo, aprobadas en la citada Decisión:

### Considerando 8.

El Programa debe apoyar en particular la estrategia Europa 2020, teniendo en cuenta el enorme potencial de los servicios inalámbricos para fomentar una economía basada en el conocimiento, desarrollar y ayudar a los sectores que se basan en las tecnologías de la información y las comunicaciones y reducir la brecha digital. El aumento del uso de los servicios de medios audiovisuales y de los contenidos en línea, en particular, está impulsando la demanda de velocidad y cobertura. Constituye además una acción clave de la Agenda Digital para Europa cuya finalidad es ofrecer acceso a internet de alta velocidad mediante conexiones de banda ancha en la futura economía basada en las redes y el conocimiento, con el ambicioso objetivo de conseguir para todos los europeos cobertura de banda ancha universal. Proporcionar unas velocidades y una capacidad de banda ancha lo más altas posibles, tanto en modo fijo como móvil, contribuye a la realización del objetivo de un mínimo de 30 Mbps para todos antes de 2020 con la mitad de los hogares de la Unión, como mínimo, teniendo acceso de banda ancha con una velocidad de al menos 100 Mbps, y es importante para fomentar el crecimiento económico y la competitividad global y necesario para materializar los beneficios económicos y sociales sostenibles de un mercado único digital. Deben también respaldarse y promoverse otros objetivos sectoriales de la Unión, como un medio ambiente sostenible y la integración económica y social de todos los ciudadanos de la Unión. Dada la importancia que revisten las aplicaciones inalámbricas para la innovación, el Programa representa igualmente una iniciativa fundamental de apoyo a las políticas de la Unión en materia de innovación.

Para comenzar, entre los considerandos que se recogen en el Programa, uno de los más interesantes es el que se recoge más arriba, el considerando 8, ya que dicho punto supone

una clara declaración de intenciones en la que se plasma los objetivos y también las razones de la presentación de este nuevo Programa de Política del Espectro. Como vemos, aparece una clara referencia a la Estrategia 2020 y a su iniciativa estrella, la Agenda Digital para Europa, ya que el espectro se va a considerar como un recurso estratégico sobre el que asentar los pilares de la recuperación económica a través del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y, adicionalmente, la integración social y la innovación.

**Considerando 9.**

El Programa debe sentar las bases para un desarrollo en el que la Unión pueda asumir el liderazgo con respecto a las velocidades, la movilidad, la cobertura y la capacidad de la banda ancha inalámbrica. Este liderazgo es esencial para establecer un mercado único digital competitivo que actúe como punta de lanza para abrir el mercado interior a todos los ciudadanos de la Unión.

Relacionado con el anterior considerando, el siguiente que aparece en el documento también va en la misma línea, plasmando claramente el objetivo final del Programa y, a través de él, de la Agenda Digital en su conjunto: el conseguir que la Unión Europea se sitúe a la cabeza a nivel mundial en velocidad, cobertura y capacidad de banda ancha de nuevo como acicate de la recuperación económica.

**Artículo 5**

**Punto 1.** Los Estados miembros fomentarán la competencia efectiva y evitarán falseamientos de la competencia en el mercado interior para los servicios de comunicaciones electrónicas con arreglo a las Directivas 2002/20/CE y 2002/21/CE. Asimismo, tendrán en cuenta las cuestiones de competencia cuando concedan derechos de uso del espectro a los usuarios de redes privadas de comunicación electrónica.

**Punto 2.** (...) los Estados miembros podrán adoptar medidas necesarias para (...):

a) limitar la cantidad de espectro sobre la que se conceden derechos de uso a una empresa o imponer condiciones a dichos derechos de uso, como la oferta de acceso mayorista o la itinerancia nacional o regional, en determinadas bandas o en determinados grupos de bandas con características similares, por ejemplo las bandas por debajo de 1 GHz atribuidas a servicios de comunicaciones electrónicas. Estas condiciones suplementarias solo podrán ser impuestas por las autoridades nacionales competentes;

Ya entrando a analizar los artículos presentado en el Programa, uno de los más importantes de la Decisión es el artículo 5 mostrado parcialmente más arriba. Es en este artículo en el que se prevé que las ANRs puedan imponer determinadas condiciones a la hora de asignar y repartir el espectro por debajo de 1 GHz. Ya vimos en el anterior capítulo que efectivamente las ANRs de numerosos Estados miembros, ahora sabemos que haciendo uso de la potestad que les atribuye este artículo, han impuesto importantes obligaciones a los operadores pujando por frecuencias en esa banda del espectro. Las razones ya fueron parcialmente expuestas en el capítulo anterior y a ellas se le puede añadir la presentada en este artículo: el fomento de la competencia efectiva (de especial importancia cuando se trata de lograrla en una banda del espectro que presenta, como ya vimos, importantes ventajas técnicas y económicas como es el caso de las bandas de frecuencia por debajo de 1 GHz).

El otro artículo fundamental de este documento es el artículo 6 del que vamos a pasar a analizar los puntos más relevantes:

**Artículo 6 Punto 1.** Los Estados miembros, en cooperación con la Comisión, tomarán todas las medidas necesarias para garantizar la disponibilidad de un espectro suficiente a efectos de cobertura y capacidad en la Unión, a fin de permitir que la Unión disponga de las mayores velocidades de banda ancha del mundo, posibilitando las aplicaciones inalámbricas y el liderazgo europeo en los nuevos servicios a fin de contribuir eficazmente al crecimiento económico y a la realización del objetivo de que todos los ciudadanos tengan acceso a la banda ancha a velocidades no inferiores a 30 Mbps de aquí a 2020.

El punto 1, como vemos, alinea los objetivos del Programa con la consecución de los objetivos de la Agenda Digital Europea y, en concreto, con el objetivo clave de implantar la banda ancha y ultra ancha de manera generalizada de aquí a 2020. Así pues, el punto anterior expone, como ya planteamos en el capítulo anterior, la enorme importancia que tiene el disponer de suficiente espectro en plazos razonables y en condiciones interesantes para los operadores móviles de cara a fomentar el despliegue de redes de nueva generación inalámbricas con el fin último de alcanzar los objetivos de banda ancha y de cobertura universal planteados en la Agenda.

**Artículo 6 Punto 2.** Con objeto de fomentar una mayor disponibilidad de los servicios inalámbricos de banda ancha en beneficio de los ciudadanos y los consumidores de la Unión, los Estados miembros harán que todas las bandas queden cubiertas por las Decisiones 2008/411/CE (3,4-3,8 GHz), 2008/477/CE (2,5-2,69 GHz) y 2009/766/CE (900-1 800 MHz), disponibles bajo las condiciones descritas en dichas Decisiones. En función de la demanda del mercado, los Estados miembros llevarán a cabo el procedimiento de autorización antes del 31 de diciembre de 2012, sin perjuicio de la implantación de servicios existente y bajo condiciones que permitan a los consumidores acceder fácilmente a los servicios inalámbricos de banda ancha.

Otro punto importante es el anterior, punto 2, en el que se marca como límite la fecha del 31 de diciembre de 2012 para poner a disposición de los operadores, mediante los procesos de autorización que determine cada ANR, las frecuencias libres en las bandas de los 3,4 a 3,8 GHz, de los 2,5 a 2,69 GHz y en las bandas de 900 y 1800 MHz tal y como vimos, en el capítulo anterior, que ya se estaba llevando a cabo en distintos Estados miembros. Una vez más, el objetivo último es fomentar la rápida disponibilidad de espectro libre para que la falta de disponibilidad no suponga una limitación a la hora de desplegar nuevas infraestructuras de red de acceso inalámbrico de nueva generación.

**Artículo 6 Punto 4.** Antes del 1 de enero de 2013, los Estados miembros llevarán a cabo el procedimiento de autorización con objeto de permitir el uso de la banda de 800 MHz para los servicios de comunicaciones electrónicas. La Comisión garantizará excepciones específicas hasta el 31 de diciembre de 2015 en los Estados miembros en los que circunstancias excepcionales de índole local o nacional o problemas transfronterizos de coordinación de frecuencias impidan la disponibilidad de la banda, actuando a solicitud debidamente motivada del Estado miembro de que se trate.

Otro hito importante es el que aparece reflejado en el punto 4 del mismo artículo 6. En dicho punto se marca como fecha límite el 1 de enero de 2013 para que los Estados miembros pongan, igualmente, a disposición de los operadores mediante los mecanismos que las ANRs consideren oportunos, el espectro en la banda de los 800 MHz, es decir, el dividendo digital. A pesar de esta fecha límite, la misma Decisión establece una prórroga de dos años, hasta 2015, para aquellos Estados miembros que justifiquen circunstancias o problemas excepcionales. En cualquier caso, esta Decisión busca fomentar de manera clara el que esta asignación se realice con premura ya que la disponibilidad en concreto de esta banda podría ser clave en incentivar el despliegue de Redes de Acceso de Nueva Generación

inalámbricas en zonas poco pobladas en un intento de acabar definitivamente con la brecha digital, fomentando nuevamente los objetivos de cobertura universal a velocidades por encima de los 30 Mbps.

**Artículo 6 Punto 6.** Los Estados miembros, en cooperación con la Comisión, fomentarán el acceso a los servicios de banda ancha utilizando la banda 800 MHz en las zonas remotas y escasamente pobladas, si procede; al realizar esta tarea, los Estados miembros examinarán la forma y, en su caso, adoptarán medidas de tipo técnico y reglamentario para garantizar que la liberación de la banda de 800 MHz no afecte negativamente a los usuarios de servicios de creación de programas y acontecimientos especiales (PMSE).

En relación con lo dicho en el punto anterior, este punto 6 deja claramente fijado el objetivo que comentábamos. El objetivo claro de la Comisión es el enfocar el uso de esa banda de 800 MHz hacia la cobertura de banda ancha inalámbrica en zonas rurales. Objetivo compartido, como ya vimos en el capítulo anterior, por los operadores móviles fundamentalmente por los beneficios económicos que conlleva.

**Artículo 6 Punto 8.** Los Estados miembros autorizarán la transferencia o el alquiler de derechos de uso del espectro en las bandas armonizadas 790-862 MHz, 880-915 MHz, 925-960 MHz, 1 710- 1 785 MHz, 1 805-1 880 MHz, 1 900-1 980 MHz, 2 010- 2 025 MHz, 2 110-2 170 MHz, 2,5-2,69 GHz, y 3,4-3,8 GHz.

Siguiendo en la línea de poner a disposición de los operadores de cuanto más espectro mejor, la Decisión habilita (en el artículo 6 punto 8) la posibilidad de que se pueda transferir o alquilar el derecho de uso del espectro en todas las bandas de frecuencia antes mencionadas. De esta manera lo que se busca es flexibilizar el uso del espectro fomentando mayores grados de competencia y, por tanto, mayor número de posibles despliegues o inversiones en Redes de Nueva Generación inalámbricas.

**Artículo 6 Punto 10.** Los Estados miembros, en cooperación con la Comisión, examinarán la posibilidad de propagar la disponibilidad y el uso de picocélulas y femtocélulas. Tendrán plenamente en cuenta el potencial de dichas estaciones de base celulares y el uso compartido y exento de licencia del espectro para servir de base para las redes de malla inalámbricas, que pueden desempeñar un papel fundamental en la supresión de la brecha digital.

Como ya planteamos en el capítulo anterior, una posible estrategia de cara a conseguir mayores coberturas de 4G en interiores sin que ello suponga un desembolso monetario inabordable para el operador, consistiría en el despliegue de femtoceldas o femtocélulas. Es justamente esta posibilidad la que la Comisión trata de fomentar con la introducción del anterior punto en el artículo 6.

Para terminar, hacer alusión a la importancia del artículo 14 ya que en él se determina la fecha límite de cara a poner en práctica todos los objetivos marcados en la Decisión. Siendo esta fecha la del 1 de julio de 2015 como se puede ver en la redacción del mismo:

#### **Artículo 14**

Los Estados miembros aplicarán las orientaciones de las políticas y los objetivos políticos establecidos en la presente Decisión a más tardar el 1 de julio de 2015, salvo disposición en contrario en la misma.

## 6.2.2 REFARMING EN BANDAS 900 MHz Y 1.800 MHz Y DIVIDENDO DIGITAL

Desde la aprobación en el año 1987 de la Directiva 87/372/CEE (conocida como Directiva GSM) la banda de 900 MHz fue reservada para ser utilizada por los sistemas GSM. Sin embargo, en el año 2009 la Unión Europea aprobó la Directiva 2009/114/CE por la que se modificaba la Directiva GSM [45], abriendo la posibilidad de que la banda de 900 MHz fuera utilizada por tecnologías distintas al GSM. La Directiva 2009/114/CE se vio completada con la Decisión 2009/766/CE (en adelante, la Decisión GSM) [46] que hacía extensible esta modificación también a la banda de 1.800 MHz. Los aspectos más relevantes de la modificación de la Directiva se establecen en la nueva redacción de su artículo 1:

**Artículo 1 Punto 1.** Los Estados miembros pondrán las bandas de frecuencias de 880-915 MHz y 925-960 MHz (la banda de 900 MHz) a disposición de los sistemas GSM y UMTS, así como de otros sistemas terrestres capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas que puedan coexistir con los sistemas GSM, de conformidad con las medidas técnicas de aplicación adoptadas en virtud de la Decisión n 676/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, sobre un marco regulador de la política del espectro radioeléctrico en la Comunidad Europea (Decisión espectro radioeléctrico).

**Artículo 1 Punto 2.** Los Estados miembros examinarán, al aplicar la presente Directiva, si es probable que la asignación actual de la banda de 900 MHz a los operadores móviles que compiten en su territorio falsee la competencia en los mercados móviles afectados y, cuando esté justificado y resulte proporcionado, harán frente a estos falseamientos de conformidad con el artículo 14 de la Directiva 2002/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa a la autorización de redes y servicios de comunicaciones electrónicas (Directiva autorización).

Es de especial interés lo dispuesto en los considerandos 7 y 8 de la Directiva:

**Considerando 7:**

Los Estados miembros deben transponer la Directiva 87/372/CEE en su versión modificada en el plazo de seis meses a partir de la entrada en vigor de la presente Directiva. Aunque por sí mismo, ello no requiere que los Estados miembros modifiquen los derechos de uso existentes o inicien un procedimiento de autorización, sí deberán cumplir con lo que dispone la Directiva 2002/20/CE una vez que esté disponible la banda de 900 MHz, de acuerdo con lo dispuesto en la presente Directiva. Al hacerlo, los Estados miembros deben, en particular, examinar si la aplicación de la presente Directiva podría falsear la competencia en los mercados móviles afectados. Si llegan a la conclusión de que tal es el caso, deben examinar si se justifica objetivamente y resulta proporcionado modificar los derechos de uso de los operadores a los que se concedió el derecho a usar las frecuencias de la banda de 900 MHz y, cuando resulte proporcionado, reconsiderar esos derechos de uso y redistribuirlos a fin de combatir los falseamientos. Cualquier decisión en este sentido debe ir precedida de una consulta pública.

**Considerando 8:**

Todo espectro disponible de acuerdo con la presente Directiva se debe asignar de forma transparente y de manera que se garantice que no existe falseamiento de la competencia en los mercados de referencia.

Así pues, los anteriores artículos van a ser de especial relevancia ya que posibilitan el *refarming* de la banda de 900 MHz (y adicionalmente la de 1800 MHz), inicialmente asignada en exclusiva a sistemas GSM, haciendo que los operadores puedan explotar aún más sus inversiones previas en adquisición de espectro y puedan, igualmente, aprovechar espectro libre en esa banda del espectro para desplegar sus nuevas redes de LTE, especialmente en entornos urbanos gracias a las características de mayor alcance que esta banda presenta.



En relación con el denominado *Dividendo Digital* (parte del espacio radioeléctrico liberada después del apagón analógico) con la Decisión 2010/267/UE la Unión Europea [47] estableció la banda comprendida entre las frecuencias 790-862MHz (denominada banda 800MHz) como dividendo digital europeo a pesar de que algunos países habían planificado esta banda inicialmente para otros fines, como en el caso de España para radiodifusores autonómicos y nacionales.

Así pues, es en esta Decisión de mayo de 2010 (sobre las condiciones técnicas armonizadas relativas al uso de la banda de frecuencias de 790- 862 MHz para los sistemas terrenales capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas en la Unión Europea) en la que se establece la liberación de la banda de 800MHz para otro tipo de servicios de comunicaciones electrónicas diferentes a la radiodifusión:

**Artículo 1.** La presente Decisión tiene por objeto armonizar las condiciones técnicas relativas a la disponibilidad y la utilización eficiente de la banda de 790-862 MHz (banda de 800 MHz) para los sistemas terrenales capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas en la Unión Europea.

Tal y como se recoge en la citada Decisión, la banda de 800 MHz deberá ser liberada de aquí a 2015 y se impondrán una serie de condiciones técnicas para prevenir las interferencias transfronterizas de alta potencia. Del mismo modo se establece la: “*neutralidad con respecto a la tecnología y la neutralidad con respecto al servicio*”, principio éste, el de neutralidad, que veremos con más detalle en el siguiente apartado:

**Artículo 2 Punto 1.** Cuando designen o hagan disponible la banda de 800 MHz para redes distintas de las redes de radiodifusión de alta potencia, los Estados miembros lo harán, de manera no exclusiva, para los sistemas terrenales capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas, de conformidad con los parámetros establecidos en el anexo de la presente Decisión.

En esta misma Decisión se insta a los Estados miembros a poner a disposición, de manera urgente, de los operadores esa banda para favorecer el despliegue de redes inalámbricas 4G especialmente en entornos rurales a fin de conseguir los objetivos de cobertura y ancho de banda recogidos en la Agenda Digital Europea.

Así pues, vemos que también estos cambios relacionados con el Dividendo Digital tendrán un impacto fundamental en el impulso al despliegue de redes de acceso de nueva generación inalámbricas y más concretamente en el despliegue de LTE en el seno de la Unión Europea.

### 6.2.3 PRINCIPIO DE NEUTRALIDAD TECNOLÓGICA

La modificación de la Directiva GSM y la Decisión GSM, mencionadas en el apartado anterior, incorporan por primera vez el principio de neutralidad tecnológica. Esto implica que las bandas de 900 y 1.800 MHz ya no estarán vinculadas exclusivamente a la tecnología GSM, sino que las mismas podrán ser utilizadas por aquellas tecnologías que optimicen su uso siempre que no se causen interferencias a los usuarios existentes previamente en dichas bandas de frecuencias.

Los principios de neutralidad tecnológica y de neutralidad de servicios de manera general se basan en fomentar estos principios como elementos flexibilizadores en el uso eficiente del dominio público radioeléctrico. Este concepto de neutralidad con respecto a la tecnología y de neutralidad con respecto al servicio son objetivos políticos respaldados por los Estados miembros en el dictamen del Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico (el RSPG) sobre las bandas de frecuencias en el contexto del WAPECS (del inglés “*Wireless Access Policy for Electronic Communications Services*”, entre las que figuran las de 900 MHz y 1800 MHz) de 23 de noviembre de 2005, a fin de propiciar un uso más flexible del espectro. El dictamen del RSPG sobre el WAPECS considera que estos objetivos políticos deberían introducirse de manera gradual, no repentinamente, para así no perturbar el mercado.

Así pues la modificación de la Directiva GSM, la incorporación del principio de flexibilidad tecnológica así como la inclusión de aspectos como el comercio secundario permitirán obtener un mayor beneficio para la sociedad, dado que proporcionan herramientas a los operadores para gestionar como consideren más adecuado el espectro adjudicado, optimizando por tanto su uso en la implementación de nuevos servicios.

*Refarming*, en este sentido y como ya hemos explicado en varias ocasiones a lo largo de este Proyecto, es realmente la denominación con la que se conoce en el sector, y de forma genérica, el proceso mediante el cual se produce la introducción de la neutralidad tecnológica en las bandas de frecuencia utilizadas para la prestación de la telefonía móvil (fundamentalmente en las bandas de 900 MHz y de 1.800 MHz) y, en paralelo, la reordenación de la actual distribución de frecuencias a los operadores. Este *refarming*, unido al *dividendo digital* analizado en el apartado anterior suponen dos de las herramientas principales con las que contarán los operadores a la hora de planificar su despliegue de las nuevas redes de 4G de la manera más eficiente y económicamente sostenible posible.

#### **6.2.4 ARMONIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA SU USO POR DISPOSITIVOS DE CORTO ALCANCE**

Adicionalmente al despliegue de LTE, otro ámbito en el que la Unión Europea está trabajando de cara a impulsar su implantación y el desarrollo de servicios innovadores es el de la Banda Ultra Ancha. En este sentido, la Comisión Europea impulsó una Decisión, la 2011/829/UE (de 8 de diciembre de 2011 por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance) [48], por la que se modificaba la Decisión 2006/771/CE (de 9 de noviembre de 2006 sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance) para hacer posible el desarrollo de los sistemas de UWB en la Unión Europea, estableciendo una serie de bandas de funcionamiento así como una serie de limitaciones en cuanto a la potencia emitida de cara a hacer compatible el despliegue de este tipo de dispositivos con otros dispositivos de corto alcance.

De acuerdo, por tanto, a esta normativa, conjuntamente con la Decisión 2009/343/CE de 21 de abril de 2009 que modifica la Decisión 2007/131/CE por la que se autoriza la utilización armonizada del espectro radioeléctrico para los equipos que utilizan tecnología de banda ultraancho en la Comunidad [49], desarrollada al efecto de fomentar el despliegue y



uso de la UWB, la Unión Europea estableció que los dispositivos UWB podrían hacer uso de las siguientes bandas:

- Banda de los 6.0 a los 8.5 GHz, con una máxima densidad de potencia media (PIRE) de -41.3 dBm/MHz y un mínimo de Ancho de Banda para las señales de UWB establecido en los 50 MHz.
- Banda de 3.4 a 4.8 GHz, con una máxima densidad de potencia media (PIRE) de -41.3 dBm/MHz y con restricciones de bajo ciclo de trabajo (máximo tiempo de transmisión de un 5% del tiempo de cada segundo y un máximo de 0.5% del tiempo de cada hora). En este caso se impone, adicionalmente, un tamaño máximo a las tramas individuales de UWB de 5 milisegundos.
- Banda de 4.2 - 4.8 GHz puede usarse sin restricciones de bajo ciclo de trabajo hasta el 31 de diciembre de 2010.

Veamos, a modo de resumen, estas especificaciones de manera gráfica en la figura siguiente:

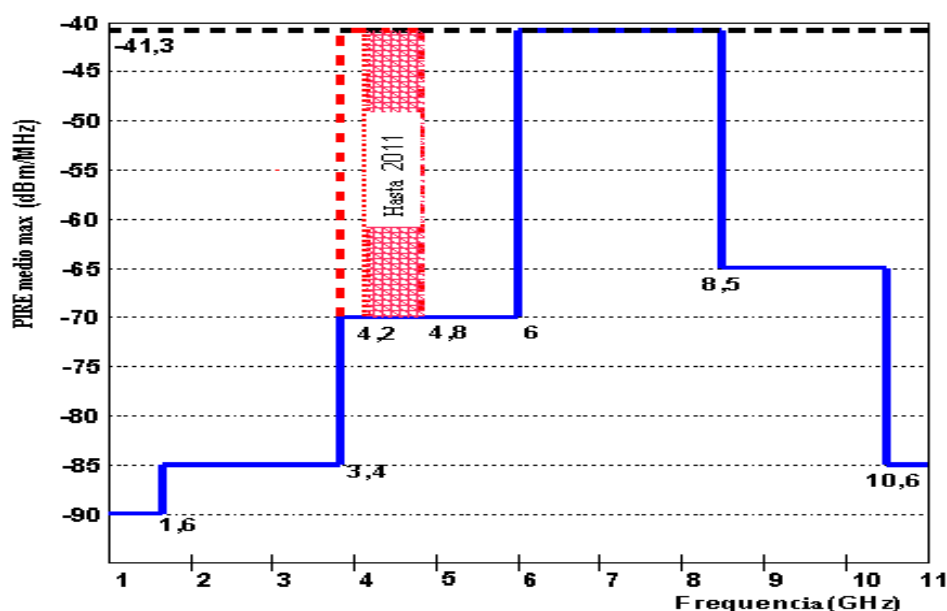


FIGURA 65 BANDAS HABILITADAS PARA SISTEMAS UWB EN LA UNIÓN EUROPEA

Existen otras bandas de frecuencia para otros tipos de UWB como los Radares de Corto Alcance o SRR (*Short Range Radar*) que disponen de dos bandas de frecuencia para su operación (24 GHz and 79 GHz). Para otros tipos de UWB se están llevando a cabo, aun a día de hoy, estudios y regulaciones específicas para hacerlos viables en un futuro cercano.

De hecho, una muestra más de la apuesta de la Comisión Europea por esta tecnología, ha sido la formación del grupo de trabajo EUWB (*European UWB*). Este proyecto, participado por la Unión Europea, ha tomado la UWB como tecnología de futuro sobre la que desarrollar soluciones y servicios innovadores en distintos ámbitos: entretenimiento en el hogar, vuelos aéreos y seguridad vial. Este esfuerzo, como ya adelantamos, se encuentra igualmente recogido entre los objetivos de la Agenda Digital Europea.

## 7. CONCLUSIONES

A lo largo del presente Proyecto Fin de Carrera hemos llevado a cabo un minucioso análisis de uno de los planes más ambiciosos presentados en los últimos tiempos en el seno de la Unión Europea y que determinará el futuro a corto/medio plazo de nuestro sector: la llamada Agenda Digital para Europa. Para ello, hemos partido del análisis de la situación en materia de Banda Ancha en la Unión Europea para así determinar los problemas actuales a los que la Unión Europea se enfrenta en esta materia y, de ahí, justificar las razones que han provocado la presentación por parte de la Comisión Europea de esta Agenda Digital.

En este sentido, hemos visto que uno de los problemas fundamentales que trata de abordar esta Agenda, y que hemos considerado justificadamente el pilar central de la misma, es la poca inversión en redes. Vimos que esta escasa inversión está provocando que la Unión Europea se esté alejando de sus socios comerciales, países tales como EEUU, Japón o Corea, en materia de despliegue de Banda Ancha y Ultra-ancha. Vimos que tan sólo un preocupante 2% de cuota, en el mercado de Banda Ancha, se debe a tecnologías de Acceso de Nueva Generación (RANG), en este caso a la tecnología FTTH, muy a la zaga de dichos socios comerciales.

Adicionalmente, vimos cómo distintos estudios, como el llevado a cabo por la empresa inglesa *Screen Digest* [1], pronostican que esta tendencia, siempre y cuando no se planteen las medidas oportunas, no se va a ver modificada de manera sustancial con el devenir de los próximos años. A la vista de esta situación, y teniendo en cuenta la enorme importancia que tiene y tendrá el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el devenir económico y social de los países (como también analizamos con datos y cifras en el capítulo dos del presente Proyecto), la Unión Europea ha decidido actuar. Ha decidido fomentar, entre otras acciones recogidas en el marco de la Agenda Digital Europea como vimos detalladamente en el capítulo tres del presente Trabajo, el despliegue de las Redes de Acceso de Nueva Generación (RANG) con el fin de situar a la Unión Europea a la vanguardia en este aspecto y, de ese modo, beneficiarse de las ventajas de conseguir *“una internet muy rápida para que la economía crezca vigorosamente y genere puestos de trabajo y prosperidad, así como para garantizar que los ciudadanos puedan acceder a los contenidos y servicios que desean”* [6], tal y como aparece recogido en la propia Agenda con el objetivo último de cobertura universal a velocidades por encima de los 30 Mbps a fecha de 2020 y con al menos la mitad de los hogares europeos disfrutando de velocidades de 100 Mbps para esa misma fecha.

¿Cómo fomentar este despliegue de Redes de Acceso de Nueva Generación (RANG)? ¿Cuáles son realmente estas RANG capaces de lograr cubrir los ambiciosos objetivos de la Agenda en materia de Banda Ancha? ¿Resulta viable, económicamente hablando, este despliegue? Si es así ¿en qué zonas? ¿Cómo puede la Unión Europea, desde sus Instituciones y con sus herramientas normativas, incentivar ese despliegue?. Todas y cada una de estas preguntas han quedado aclaradas a lo largo del presente Trabajo. Como se vio en el capítulo

cuatro, muchas eran y son las alternativas tecnológicas de Banda Ancha existentes en el mercado pero tan sólo algunas de ellas, y tratándose de la Unión Europea muy previsiblemente dos de manera mayoritaria tal y como analizamos en dicho capítulo, presentan las características necesarias para hacer frente a los requisitos planteados por la Agenda Digital Europea en los plazos establecidos en la misma.

Centrándonos en dichas tecnologías, FTTH en el caso de las tecnologías de acceso de red fija y LTE en el caso de las tecnologías de acceso de red móvil, en el quinto capítulo dimos respuesta a la pregunta relativa a la viabilidad económica del despliegue de las mismas. Para ello, haciendo uso del novedoso modelo planteado por el Economista y Prof. Dr. Steffen Hoernig (profesor asociado de la Facultad de Económicas de la Universidad Nova de Lisboa) junto con otros colaboradores en numerosos artículos presentados entre 2010 y 2011, realizamos el análisis del coste del despliegue de una red de FTTH en el caso del operador incumbente y en el caso de un competidor en el mercado que decidiera proveer también dicho servicio a través de la desagregación del bucle de abonado de fibra de la red de dicho operador incumbente. Dicho análisis se llevó a cabo para distintas zonas geográficas caracterizadas demográficamente determinando para qué zonas el despliegue podría resultar viable para el operador incumbente y para cuales este despliegue haría que el operador incurriera en pérdidas haciendo inviable su modelo de negocio. Del mismo modo se realizó el mismo análisis para el caso del operador en competencia en el mercado, realizando, para ello, el cálculo del coste de desagregación del bucle local de fibra siguiendo una aproximación similar a la que llevaría a cabo una Autoridad Nacional de Reglamentación.

Del mismo modo, en dicho capítulo, se llevó a cabo un análisis de las implicaciones económicas derivadas del despliegue de redes LTE llegando a la conclusión de que las inversiones más importantes en este caso no venían determinadas por el despliegue de la red en sí misma, sino por la adquisición de las licencias para operar en una determinada franja del espectro. Vimos cómo dicha adquisición se puede convertir en una fuerte barrera de entrada en ese mercado y de ahí el que muchas de las licencias, en concreto las de bandas de frecuencias por debajo de 1GHz, hayan llegado a alcanzar valores muy elevados en las subastas por su adquisición en numerosos países de la Unión. En relación con el despliegue de las redes LTE se han planteado, a lo largo de ese capítulo, numerosas estrategias que podrían hacer más rentable el despliegue de las mismas, tanto a nivel de despliegue de red como a nivel de adquisición de licencias de espectro. Hemos finalizado dicho capítulo con un análisis detallado de los resultados y planteando soluciones factibles, económicamente hablando, de despliegue de tecnologías de acceso de nueva generación (fijas o móviles) en cada una de las regiones analizadas.

En relación a este estudio económico comentar que las conclusiones resultan especialmente interesante por varias razones: por un lado porque se ha utilizado un modelo que se puede aplicar (prácticamente sin necesidad de realizar muchas modificaciones) al caso concreto de la mayoría de los Estados Miembros de la Unión Europea ya que dicho modelo parte de una estructura demográfica típica y común a la mayoría de los países de la Unión con lo que sus conclusiones serían aplicables a cualquiera de ellos, como por ejemplo a nuestro propio país en un momento dado. Por otro lado, tanto los datos utilizados como los requerimientos de espacio físico y demás cálculos realizados se han llevado a cabo partiendo de valores realistas y de la normativa aplicable que vimos en el siguiente capítulo, capítulo seis, por lo que los resultados obtenidos se aproximan ciertamente a valores reales que podrían darse en cualquier país de la Unión. Finalmente, el análisis llevado a cabo de cara a

determinar los costes asociados a la provisión de servicios de FTTH, en el caso del competidor, son igualmente fiables y aplicables a un caso real, ya que se han tenido en cuenta los modelos de estimación y cálculo de costes que suelen ser empleados por las Agencias Nacionales de Reglamentación, tales como LRIC y las aproximaciones *bottom-up*, para llevar a cabo nuestro análisis.

Finalmente, aunque no por ello menos importante, en el capítulo seis realizamos un detallado repaso a las iniciativas normativas planteadas por la Unión Europea de cara a fomentar el despliegue de estas Redes de Acceso de Nueva Generación contestando así a la pregunta relativa a qué medidas se están planteando o se planea poner en marcha de cara a incentivar dicho despliegue. Hemos visto que en este aspecto se están cumpliendo las medidas que a priori estableció la Comisión en sus acciones clave relativas a esta materia, dentro de la Agenda Europea, planteando medidas que incentiven la inversión y despliegue de redes NGA tanto fijas (a través de la presentación de la Recomendación relativa al acceso regulado a las redes de acceso de nueva generación (NGA) [39]) como a través de distintas medidas de flexibilización y armonización del espectro como vimos en dicho capítulo. Ha llegado el momento, por tanto, de que sean los Estados Miembros los que transpongan a su normativa estas medidas y comiencen a ponerlas en marcha de cara a fomentar este despliegue consiguiendo alcanzar los objetivos de la Agenda en los plazos marcados en la misma.

En este sentido, son muchas las iniciativas que ya se han empezado a desarrollar en los Estados Miembros, como por ejemplo las subastas de espectro en la banda de los 800 MHz en cumplimiento de lo descrito, como ya vimos en el capítulo seis, en el Programa Europeo de Política del Espectro o el desarrollo de Planes Nacionales de Banda Ancha en cada uno de los Estados Miembros. A pesar de ello, queda aún mucho trabajo por hacer de cara a fomentar el despliegue e inversión en Redes de Acceso de Nueva Generación, fundamentalmente del lado de cada país miembro.

En el caso concreto de nuestro país, a la vista de los resultados de este Proyecto Fin de Carrera, se debería promover el despliegue en Redes de Acceso de Nueva Generación si cabe con más fuerza que en otros países. De los resultados de nuestro Trabajo se deriva que estas nuevas redes son estratégicas para el desarrollo económico de un país, esto es así por varios motivos, como ya hemos visto: pueden por un lado suponer un impulso para la creación de nuevos negocios y potenciar los ya existentes, el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones supone un poderoso motor de creación de empleo, el impulso económico de las redes de acceso de nueva generación encaja dentro del desarrollo sostenible y de la innovación que todo país ha de perseguir y, adicionalmente, podría solventar el problema de la brecha digital aún existente en nuestro país. Por todas estas razones los responsables en materia de política económica y de regulación deberían promover el entorno adecuado para lograr el máximo nivel de inversión en este tipo de redes en todo el territorio español y en el menor periodo de tiempo posible.

Del mismo modo, la Agencia Nacional de Reglamentación española, la CMT, debería desarrollar el entorno regulatorio apropiado, plasmando a nivel nacional lo recogido en la Recomendación relativa al acceso regulado a las redes de acceso de nueva generación (NGA) propuesta por la Comisión Europea [39], de tal manera que se propusieran unos precios regulados para la desagregación del bucle de fibra adecuados. Estos precios, de acuerdo a nuestro Estudio, deberían seguir un análisis de orientación a costes tal y como el que hemos llevado a cabo en el mismo. Siendo así, se conseguiría determinar unos precios que no fueran excesivamente bajos ya que de ser así se desincentivaría la inversión y se distorsionaría la asunción de riesgos por parte del operador incumbente, ni excesivamente elevados de tal manera que se impidiera la competencia efectiva en ese nuevo mercado. En relación a este aspecto nuestro estudio ha analizado de manera analítica y real una aproximación bastante certera a qué precios podrían asignarse a esta desagregación del bucle local de fibra.

Otro aspecto que podemos extraer como conclusión final de nuestro Trabajo, en este caso en lo que se refiere al despliegue de redes de acceso de nueva generación inalámbricas, es que existen multitud de estrategias que podrían suponer un considerable ahorro tanto en términos de CAPEX como de OPEX a un operador de cara a planificar el despliegue de su nueva red de LTE. Hemos planteado y analizado estas posibles estrategias, queda pues en manos de nuevo de los responsables en materia de política económica y de regulación de nuestro país el que se incentive, si fuere necesario, este tipo de estrategias (como el de compartición de red o el de transferencia de títulos habilitantes en determinadas franjas del espectro), con vistas a flexibilizar el mercado con el fin último de incentivar un efectivo y rápido despliegue de este tipo de tecnologías en nuestro territorio.

Es pronto para saber si los objetivos de la Agenda Digital en materia de Banda Ancha serán alcanzados en los plazos marcados, sin embargo, a la vista del Estudio realizado, podemos concluir que se están tomando las medidas oportunas tanto a nivel comunitario como a nivel nacional para que dichos objetivos sean una realidad. Resulta interesante y esperanzador saber la cantidad de medidas que están en marcha, tal y como hemos visto a lo largo de este Trabajo. Tan sólo nos queda esperar con la ilusión de saber que a corto/medio plazo el panorama de las Telecomunicaciones a nivel Europeo podría cambiar enormemente y que, gracias a ello, es muy posible que se consiga avanzar por el buen camino hacia la recuperación económica y, tal y como pronostica la Agenda Digital, hacia un crecimiento inteligente, sostenible e incluyente.

## 8. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

### 8.1 PRESUPUESTO

En esta sección se procederá al cálculo del presupuesto para el presente Proyecto incluyendo todos los costes derivados de su elaboración. El tiempo que ha requerido la realización del presente proyecto ha sido de seis meses desde el planteamiento inicial de los objetivos del mismo y del plan de trabajo a comienzos de diciembre de 2011, hasta la depuración y presentación del mismo a finales de mayo de 2012.

Durante esos seis meses consideraremos que la dedicación al proyecto ha sido de una media de 8 horas diarias ya que, si bien por semana la dedicación era algo menor (alrededor de 4 o 5 horas diaria), el fin de semana la dedicación se incrementaba por encima de esas 8 horas por lo que consideramos que la media propuesta es bastante aceptable y ajustada a la realidad. Así pues, si suponemos 20 días hábiles de media por cada mes, tendremos una media de 960 horas de trabajo ( $6 \text{ meses} * 20 \text{ días hábiles/mes} * 8 \text{ horas/día} = 960 \text{ horas}$ ).

Veamos a continuación el coste asociado a estas horas de trabajo, del ingeniero principal encargado de la elaboración del proyecto, así como el coste de la colaboración del resto de roles implicados en el mismo y el coste del resto de las partidas implicadas en su elaboración:

#### ➤ COSTE ASOCIADO A LOS RECURSOS HUMANOS

En este apartado realizaremos el cálculo del coste relativo a los recursos humanos implicados en la realización del presente proyecto. Así pues, a continuación se detalla cada uno de los roles implicados así como la dedicación, en número de días, atribuibles a cada uno de dichos roles:

FUNCIÓN/ROL	DEDICACIÓN (Nº DE DÍAS)
Jefe de Proyecto	15
Ingeniero	120
Personal Auxiliar	15

**TABLA 34** ROLES QUE HAN TOMADO PARTE EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El precio del coste por hora (sueldo bruto de una hora de trabajo) se ha obtenido mediante una estimación de los precios existentes en el mercado actualmente. Con ese coste, y teniendo en cuenta los valores de la tabla anterior, calcularemos el coste por jornada de trabajo de cada uno de los roles anteriores y, en función de la dedicación, el coste total de los recursos humanos que han colaborado en la elaboración del presente proyecto. Veamos cuales han sido, por tantos, estos costes totales:



FUNCIÓN/ROL	COSTE/HORA (€)	COSTE/JORNADA (€)	COSTE TOTAL (€)
Jefe de Proyecto	75	600	9.000
Ingeniero	36	288	34.560
Personal Auxiliar	26	208	3.120
			<b>46.680 €</b>

**TABLA 35** COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RRHH

## ➤ COSTE ASOCIADO A LOS RECURSOS MATERIALES EMPLEADOS

En este apartado realizaremos el cálculo del coste relativo a los recursos materiales empleados en la realización del presente proyecto. Dentro de estos recursos materiales se distinguirán entre recursos hardware y recursos software procediendo a calcular el coste asociado a cada uno de dichos conceptos. Para calcular el coste asociado al Proyecto tendremos en cuenta el tiempo de vida estimado de cada uno de estos recursos materiales y de ahí el coste de su amortización durante el periodo de uso en el Proyecto.

### 1.- Costes Hardware

RECURSO	COSTE TOTAL (€)	TIEMPO DE VIDA ESTIMADO	TIEMPO DE USO EN EL PROYECTO	COSTE IMPUTABLE AL PROYECTO (€)
Portatil HP EliteBook 8440p	950	4 AÑOS	6 MESES	118.75
Ordenador de Sobremesa Dell Inspiron 620	765	4 AÑOS	6 MESES	95.63
Disco duro externo Western Digital 500GB	110	4 AÑOS	6 MESES	13.75

**228.13 €**

**TABLA 36** COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RECURSOS HARDWARE

### 2.- Costes Software

RECURSO	COSTE TOTAL (€)	TIEMPO DE VIDA ESTIMADO	TIEMPO DE USO EN EL PROYECTO	COSTE IMPUTABLE AL PROYECTO (€)
Microsoft Windows XP	0 (licencia incluida en el ordenador)	EN PRINCIPIO INDEFINIDO (LIMITADO POR EL TIEMPO DE VIDA DEL HARDWARE, LUEGO: 4 AÑOS)	6 MESES	0
Microsoft Office Professional 2007	699	EN PRINCIPIO INDEFINIDO (LIMITADO POR EL TIEMPO DE VIDA DEL HARDWARE, LUEGO: 4 AÑOS)	6 MESES	87.38
Software de Gestión de Proyectos (GanttProject)	0 (software libre)	EN PRINCIPIO INDEFINIDO (LIMITADO POR EL TIEMPO DE VIDA DEL HARDWARE, LUEGO: 4 AÑOS)	6 MESES	0

**87.38 €**

**TABLA 37** COSTE TOTAL ASOCIADO A LOS RECURSOS SOFTWARE

Así pues, la cuantía total de los costes materiales imputables al proyecto sería de:  
 $228.13 + 87.38 = 315.51$  euros



## ➤ COSTES INDIRECTOS

Para terminar, deberemos tener en cuenta un coste adicional indirecto asociado al uso de la red eléctrica, al coste de la línea ADSL, a los costes en fotocopias o a los costes por desplazamiento/transporte para mantener reuniones periódicas con el Jefe de proyecto. Estos costes se estimarán como un sobrecoste de un 8% sobre el total de los costes directos.

Así pues, el coste total del proyecto de acuerdo a las partidas anteriores ascenderá a :

CONCEPTO	COSTE (€)
Costes de Personal	46.680
Costes de los Recursos Materiales	315,51
<b>TOTAL COSTES DIRECTOS (TCD)</b>	<b>46.995,51</b>
<b>COSTES INDIRECTOS (8% TCD)</b>	<b>3.759,64</b>

<b>COSTE TOTAL</b>	<b>50.755,15 €</b>
--------------------	--------------------

**TABLA 38** COSTE TOTAL DEL PROYECTO

## 8.2 CRONOGRAMA

En esta sección veremos la planificación de tareas y actividades llevada a cabo para el desarrollo y elaboración del presente Proyecto. Veamos, en primer lugar, la planificación a modo de listado de tareas junto con los tiempos de ejecución de las mismas:

Nombre	Inicio	Fin
Reunión Inicial: propuesta de proyecto	5/12/11	6/12/11
Planificación y determinación del alcance, objetivos y contenido del proyecto	6/12/11	17/12/11
Introducción y Estado de la cuestión: investigación, análisis y desarrollo	19/12/11	21/01/12
Revisión de la planificación y contenido	19/12/11	31/12/11
La Agenda Digital Europea: búsqueda de información, análisis y desarrollo	23/01/12	25/02/12
Revisión del Análisis del Estado de la Cuestión	23/01/12	4/02/12
Estudio e investigación sobre las posibles alternativas tecnológicas	20/02/12	17/03/12
Desarrollo del capítulo 4 y revisión general	5/03/12	27/03/12
Investigación económica: metodologías de costes, artículos relacionados y decisión de método a aplicar en el proyecto	15/03/12	27/03/12
Implicaciones económicas: desarrollo del análisis, investigación adicional relativa a las redes inalámbricas y extracción de conclusiones	27/03/12	21/04/12
Impacto regulatorio: investigación, búsqueda de normativa aplicable y desarrollo del estudio	23/04/12	12/05/12
Conclusiones del proyecto y elaboración del presupuesto	7/05/12	16/05/12
Revisión general y depuración de la memoria	7/05/12	19/05/12
Preparación de presentación de resultados	7/05/12	19/05/12

Para terminar, veamos a continuación la anterior información mostrada de manera gráfica mediante la utilización de un diagrama de Gantt:

[illegible][illegible]

[illegible]

## 9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] “Broadband access in the EU: situation at 1 July 2011” European Commission (Information Society and Media Directorate-General)  
Policy Coordination and Strategy  
**Economic and Statistical Analysis Unit**
- [2] “Broadband access in the EU: situation at 1 July 2010” European Commission (Information Society and Media Directorate-General)  
Lisbon Strategy and Policies for the Information Society  
**Economic and Statistical Analysis Unit**
- [3] **OECD Broadband Portal:**  
[http://www.oecd.org/document/54/0,3746,en\\_2649\\_34225\\_38690102\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/54/0,3746,en_2649_34225_38690102_1_1_1_1,00.html)
- [4] **European Commission – Digital Agenda for Europe Portal:**  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/digital-agenda/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/index_en.htm)
- [5] “Definiciones de los indicadores mundiales de las telecomunicaciones/TIC” Marzo 2010  
**Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**
- [6] “Una Agenda Digital para Europa”  
**Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones**  
**Comisión Europea - Bruselas, 26.8.2010 - COM(2010) 245 final/2**
- [7] “EUROPE 2020 - A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth”  
**European Commission - Brussels, 3.3.2010 - COM(2010) 2020**
- [8] “Declaración Ministerial de Granada para la Agenda Digital Europea: Acordada el 19 de abril de 2010”
- [9] “LIBRO BLANCO - Modernizar la Normalización de las TIC en la UE - El camino a seguir”  
**Comisión de las Comunidades Europeas - Bruselas, 3.7.2009 - COM(2009) 324 final**
- [10] Europe’s Digital Competitiveness Report - Commission Staff Working Document  
**European Commission - Brussels, 17.5.2010 - SEC(2010) 627**
- [11] **Eurostat Portal:**  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- [12] eEspaña: informe anual sobre el desarrollo de la sociedad de la información en España 2011  
**Fundación Orange**
- [13] Benchmarking Digital Europe 2011-2015 - a conceptual framework  
**i2010 High Level Group – European Commission**

[14] Summary of responses to the public consultation - Priorities for a new strategy for European Information Society (2010-2015)

**Commission services, DG Information Society and Media**

[15] SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Sistemas de transmisión digital – Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Redes de acceso - Transceptores de línea de abonado digital asimétrica

**Recomendación UIT-T G.992.1**

[16] DSL Technology Evolution - ADSL2/ADSL2plus/ADSL-RE/VDSL2

**Broadband Forum**

[17] Introduction to Broadband Networks – Training Manual

**Motorola Inc. 2005**

[18] Primera Jornada FTTH: Infraestructuras de “fibra hasta el hogar” en los municipios. Servicios y modelos de explotación – Febrero 2007

**Juan Luis Ros – Director regional ONO Cataluña**

**Fernando Vela – Gerente Innovación ONO Cataluña**

[19] Fiber Optics Basics – Training Manual

**Motorola Inc. 2003**

[20] Tecnologías de Banda Ancha por Fibra

**Ramón Jesús Millán Tejedor**

[21] 3G/UMTS Evolution: towards a new generation of broadband mobile services

**A White Paper from the UMTS Forum, Diciembre 2006**

[22] HSPA: High Speed Wireless Broadband - From HSDPA to HSUPA and beyond

**UMTS Forum**

[23] Towards Global Mobile Broadband - Standardising the future of mobile communications with LTE (Long Term Evolution)

**A White Paper from the UMTS Forum, Febrero 2008**

[24] Mobile Broadband Evolution: the roadmap from HSPA to LTE

**A White Paper from the UMTS Forum, Febrero 2009**

[25] WiMAX, HSPA+, and LTE: A Comparative Analysis

**WIMAX Forum, Noviembre 2009**

[26] 3GPP TR 36.913 V8.0.0 (2008-06) - Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced) (Release 8) *Technical Report*

**3rd Generation Partnership Project;**

**Technical Specification Group Radio Access Network;**

[27] Tecnología Ultra-WideBand (UWB) - La revolución a corto alcance



**Jordi Diaz - Center for Communications and Signal Processing Research New Jersey  
Institute of Technology**

[28] Ultra-WideBand: Past, Present and Future  
**White Paper presented by the EUWB consortium – 2011.10.10**

[29] Architectures and competitive models in fibre networks.  
Prof. Dr. Steffen Hoernig, Stephan Jay, Dr. Karl-Heinz Neumann, Prof. Dr. Martin Peitz, Dr.  
Thomas Plückebaum, Prof. Dr. Ingo Vogelsang  
**WIK Consult – Report – Study for Vodafone**

[30] The impact of different fibre access network technologies on cost, competition and  
welfare.

**Steffen Hoernig, Stephan Jay, Karl-Heinz Neumann, Martin Peitz, Thomas  
Plückebaum, Ingo Vogelsang**

[31] Architekturen und Wettbewerbsmodelle bei Glasfasernetzen. Ergebnisse einer Studie für  
Vodafone plc.

**Präsentation auf der 12. Sitzung des NGA-Forums, Dr. Karl-Heinz Neumann (Bonn, 4.  
Mai 2011) – WIK Consult**

[32] Wholesale pricing, NGA take-up and competition.  
Prof. Steffen Hoernig, Stephan Jay, Dr. Karl-Heinz Neumann, Dr. Werner Neu, Dr. Thomas  
Plückebaum, Prof. Ingo Vogelsang  
**WIK Consult – Report – Study for ECTA**

[33] Modelos conceptuales y metodologías para la determinación de los cargos de  
interconexión y precios de elementos desagregados de red.  
Segundo informe de consultoría: parte I y II (La Paz, Octubre de 2011)  
**ATT – Autoridad de fiscalización y control social de Telecomunicaciones y Transportes**

[34] Artículo: “The cost of LTE demands innovation says AIRCOM International”  
Miércoles 30 Septiembre, 2009, Leatherhead, UK  
**AIRCOM International (<http://www.aircominternational.com>)**

[35] UMTS/HSPA to LTE migration. Maximize the life and value of existing assets while  
achieving a true 4G network – White paper  
**Motorola Inc (<http://www.motorola.com>)**

[36] LTE Spectrum and Network Strategies. Strategic Options for Mobile Operators in  
Dynamic 4G Mobile Markets.  
**Arthur D. Little – Telecom & Media Viewpoint (<http://www.adl.com>)**

[37] LTE licensing recommendations and lessons learned from the European 3G licensing  
experience.  
**Harrison Mfula – Helsinki University of Technology**

[38] Spectrum Analysis for Future LTE Deployments – White paper  
**Motorola Inc (<http://www.motorola.com>)**

[39] Recomendación relativa al acceso regulado a las redes de acceso de nueva generación (NGA)

**RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 20 de septiembre de 2010 (2010/572/UE)**

[40] Guide to broadband investment. Final Report

**EUROPEAN UNION – REGIONAL POLICY – SEPTEMBER 2011**

[41] Propuesta de DECISIÓN DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por la que se establece un primer programa de política del espectro

**COMISIÓN EUROPEA - Bruselas, 20.9.2010 - COM(2010) 471 final - 2010/0252 (COD)**

[42] Decisión de 14 de marzo de 2012 por la que se establece un programa plurianual de política del espectro radioeléctrico

**DECISIÓN N° 243/2012/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**

[43] Directiva de 7 de marzo de 2002 relativa a un marco regulador común de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas (Directiva marco)

**DIRECTIVA 2002/21/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**

[44] Recomendación relativa a los mercados pertinentes de productos y servicios dentro del sector de las comunicaciones electrónicas que pueden ser objeto de regulación *ex ante* de conformidad con la Directiva 2002/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a un marco regulador común de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas

**RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 11 de febrero de 2003**

[45] Directiva de 16 de septiembre de 2009 por la que se modifica la Directiva 87/372/CEE del Consejo relativa a las bandas de frecuencia a reservar para la introducción coordinada de comunicaciones móviles terrestres digitales celulares públicas paneuropeas en la Comunidad

**DIRECTIVA 2009/114/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**

[46] Decisión de 16 de octubre de 2009 relativa a la armonización de las bandas de frecuencia de 900 MHz y 1800 MHz para los sistemas terrestres capaces de prestar servicios paneuropeos de comunicaciones electrónicas en la Comunidad

**DECISIÓN 2009/766/CE DE LA COMISIÓN**

[47] Decisión de 6 de mayo de 2010 sobre las condiciones técnicas armonizadas al uso de la banda de frecuencias de 790-862 MHz para los sistemas terrestres capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas en la Unión Europea

**DECISIÓN 2010/267/UE DE LA COMISIÓN**

[48] Decisión de 8 de diciembre de 2011 por la que se modifica la Decisión 2006/771/CE sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance

**DECISIÓN DE EJECUCIÓN DE LA COMISIÓN 2011/829/UE**

[49] Decisión de 21 de abril de 2009 que modifica la Decisión 2007/131/CE por la que se autoriza la utilización armonizada del espectro radioeléctrico para los equipos que utilizan tecnología de banda ultraancha en la Comunidad

**DECISIÓN 2009/343/CE DE LA COMISIÓN**

## ANEXOS

### ANEXO I: ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES

- **3GPP:** (Proyecto Asociación de Tercera Generación) es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones cuyo objetivo inicial era asentar las especificaciones de un sistema global de comunicaciones de tercera generación 3G para móviles basándose en las especificaciones del sistema evolucionado "*Global System for Mobile Communications*" GSM dentro del marco del proyecto internacional de telecomunicaciones móviles 2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).
- **ANR (Autoridad Nacional de Reglamentación):** es el organismo u organismos a los cuales ha encomendado un Estado miembro cualquiera de las misiones reguladoras asignadas en la Directiva Marco (Directiva 2002/21/CE) y en las directivas específicas (Directiva 2002/20/CE -Directiva autorización-, Directiva 2002/19/CE -Directiva acceso-, Directiva 2002/22/CE -Directiva servicio universal- y Directiva 97/66/CE).
- **AM:** Amplitud Modulada o Modulación de Amplitud.
- **ARPU (Average Revenue Per User):** Ingresos medios por usuario.
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode):** Modo de transferencia asíncrono.
- **Banda Ancha:** Según la definición de la UIT las velocidades de Banda Ancha (definición de marzo de 2010) se definen como velocidades no inferiores a 256 Kbps. Sin embargo, la Comisión Europea en sus estudios y estadísticas, definen una línea de Banda Ancha como aquella que dispone de una capacidad de descarga igual o superior a los 144 Kbps.
- **Backhaul o Red de Retorno (en español):** es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo de red y las subredes en sus bordes.
- **Benchmarking framework 2011-2015 (en español, “Marco de evaluación comparativa 2011-2015”):** Se trata de un marco conceptual de recogida de estadísticas de la sociedad de la información así como una lista de indicadores clave para la evaluación comparativa, en el seno de la Unión Europea.
- **Brecha Digital:** La brecha digital se define como la separación que existe entre las personas (comunidades, estados, países...) que utilizan las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) como una parte rutinaria de su vida diaria y aquellas que no tienen acceso a las mismas y que aunque las tengan no saben cómo utilizarlas.
- **Broadcast:** difusión en español, es un forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.
- **CAPEX (CAPital EXpenditures):** gastos de capital (en español), son inversiones de capital que crean beneficios.

- **CBR (Constant Bit Rate):** Tasa constante de bit.
- **CERT (Equipo de Respuesta Rápida):** equipo que la Unión Europea ha decidido crear formado por diferentes expertos de seguridad en Tecnologías de la Información (TI) para reforzar su lucha contra los ciberataques.
- **Ciberdelincuencia o delito informático:** aquella acción delictiva que ha sido cometida mediante la utilización de un bien o servicio informático, teniendo en cuenta que un sistema informático es también un bien jurídico que recibe protección por parte del ordenamiento jurídico.
- **Ciberataques:** ataques a través de las redes informáticas.
- **CMTS (Cable Modem Termination System):** Sistema de Terminación de Cable-módems.
- **Contratación precomercial (PCP):** La contratación precomercial - o bien pre-commercial procurement (PCP)- es un planteamiento de la contratación de servicios de investigación y desarrollo (I+D) que permite a los compradores públicos:
  - compartir con los proveedores los riesgos y los beneficios de diseñar nuevos productos y servicios, crear prototipos y ponerlos a prueba, sin incurrir en ayudas estatales
  - establecer las condiciones ideales para la comercialización y asimilación de los resultados de la I+D, mediante su normalización o publicación
  - combinar los esfuerzos de varios productores

En su calidad de primeros compradores de nueva investigación y desarrollo (I+D), los poderes públicos pueden impulsar la demanda de innovación, con lo que consiguen mejorar más rápidamente los servicios que prestan y abrir caminos para que las empresas, en nuestro caso europeas, se sitúen en una posición de liderazgo internacional en nuevos mercados.

- **Diafonía:** se dice que entre dos circuitos existe diafonía, denominada en inglés *Crosstalk* (XT), cuando parte de las señales presentes en uno de ellos, considerado perturbador, aparece en el otro, considerado perturbado. La diafonía se mide como la atenuación existente entre el circuito perturbador y el perturbado, por lo que también se denomina atenuación de diafonía.
- **DMT (Discrete MultiTone):** en español, multitono discreto.
- **DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification):** en español, "Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable".
- **DSL(siglas de Digital Subscriber Line , "línea de suscripción digital"):** es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2. Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad.

- **DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer):** es un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. El dispositivo separa la voz y los datos de las líneas de abonado.
- **ENISA:** European Network and Information Security Agency
- **ETSI (European Telecommunications Standards Institute):** Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.
- **EUROSTAT (*Statistical Office of the European Communities*, oficina europea de estadística):** es la oficina estadística de la Comisión Europea, que produce datos sobre la Unión Europea y promueve la armonización de los métodos estadísticos de los estados miembros.
- **FDD:** Frequency Division Duplex.
- **FDMA (Frequency Division Multiple Access):** Acceso múltiple por división de frecuencia.
- **FTTB o Fibra óptica hasta el edificio (del inglés Fiber To The Building):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica hasta el edificio del abonado.
- **FTTH o Fibra óptica hasta el hogar (del inglés Fiber To The Home):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica hasta la casa u oficina del abonado.
- **FTTP o Fibra óptica hasta las instalaciones (del inglés Fiber To The Premises):** se refiere a un tipo de tecnología de telecomunicaciones donde se utilizan cables de fibra óptica para conectar el equipo de distribución que se encuentra más cercano al usuario destinatario de la conexión directamente a la red principal de telecomunicaciones.
- **GSM:** Sistema Global de Comunicaciones Móviles.
- **MDF:** Main Distribution Frame.
- **MDU(Multi Dwelling Unit):** Elemento de red que permite ofrecer servicio FTTx a múltiples usuarios, frente a las ONTs que dan servicio a un único cliente.
- **Mercado Minorista:** mercados referidos a la oferta y demanda en relación con los usuarios finales.
- **Mercado Mayorista:** mercados referidos a la oferta y demanda de productos en relación con un tercero que desea suministrar a los usuarios finales.
- **MIMO:** Multiple-input Multiple-output.

- **Modem de cable:** es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable. El término *Internet por cable* (o simplemente cable) se refiere a la distribución de un servicio de conectividad a Internet sobre esta infraestructura de telecomunicaciones.
- **MPoP:** Metropolitan Point of Presence
- **MSS:** Mobile Satellite Services.
- **Multicast:** (Multidifusión) es el envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente.
- **OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico):** es una organización de cooperación internacional, compuesta por 34 estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. Fue fundada en 1960 y su sede central se encuentra en el Château de la Muette, en la ciudad de París (Francia). En la OCDE, los representantes de los países miembros se reúnen para intercambiar información y armonizar políticas con el objetivo de maximizar su crecimiento económico y colaborar a su desarrollo y al de los países no miembros.
- **ODF (Optical fiber Distribution Frame):** Distribuidor de fibra óptica.
- **OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
- **ONT (Optical Network Termination):** Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario.
- **Operador Incumbente:** operador, generalmente público, que ostentaba el monopolio en el mercado de las Telecomunicaciones en la mayoría de los países europeos previamente a la liberación del sector.
- **OPEX (OPerating Expense):** Coste de funcionamiento de un producto, negocio o sistema.
- **OSP:** OutSide Plant.
- **Peso Significativo en el Mercado (PSM):** De acuerdo con la Directiva (Directiva 2002/21/CE), se considerará que una empresa tiene peso significativo en el mercado si, individual o conjuntamente con otras, disfruta de una posición equivalente a una posición dominante, esto es, una posición de fuerza económica que permite que su comportamiento sea, en medida apreciable, independiente de los competidores, los clientes y, en última instancia, los consumidores.
- **PIB:** Producto Interior Bruto.
- **PYME:** Pequeña Y Mediana Empresa.
- **QAM:** Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de amplitud en cuadratura)
- **QPSK:** modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying)



- **RDSI:** Red Digital de Servicios Integrados.
- **Red de Acceso de Nueva Generación (RANG):** Según la definición de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) una RANG es una red de transferencia de paquetes capaz de ofrecer servicios diversos utilizando diferentes tecnologías de banda ancha (las tecnologías involucradas en el transporte, cuya calidad se ha de poder controlar, son independientes de las tecnologías de los servicios) y que permite a los usuarios un acceso no restringido a diferentes proveedores de aplicaciones en condiciones de movilidad plena .
- **RTPC:** Red Telefónica Pública Conmutada.
- **SNR:** Signal to Noise Ratio o Relación Señal a Ruido en español.
- **TDD:** Time Division Duplex.
- **TDM (Time Division Multiplexing):** Multiplexación por división de tiempo.
- **TDMA:** Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo)
- **TIC:** Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- **Transceptor:** se aplica a un dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones
- **UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):** es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
- **UMTS:** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
- **W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access):** en español Acceso múltiple por división de código de banda ancha.